



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

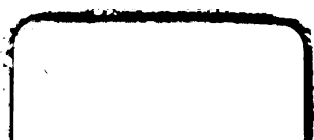
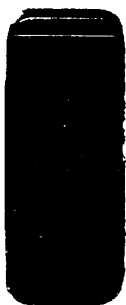
UC-NRLF

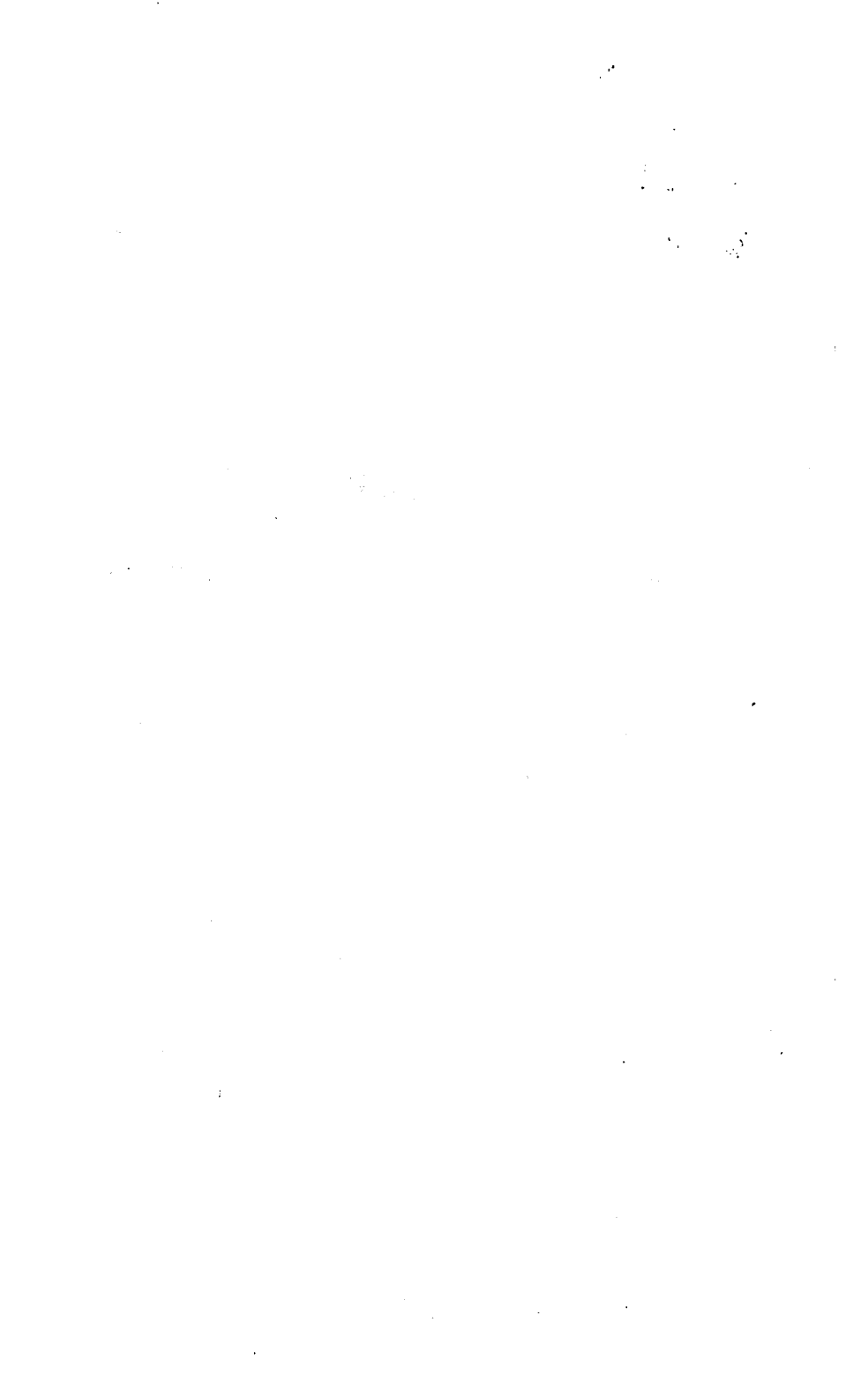


B 3 900 572



Agriculture Library





Portius.

Dr. Carl Portius, Chino, California.
(His signature above)





2165

Justus.

DIE CHEMIE

IN IHRER

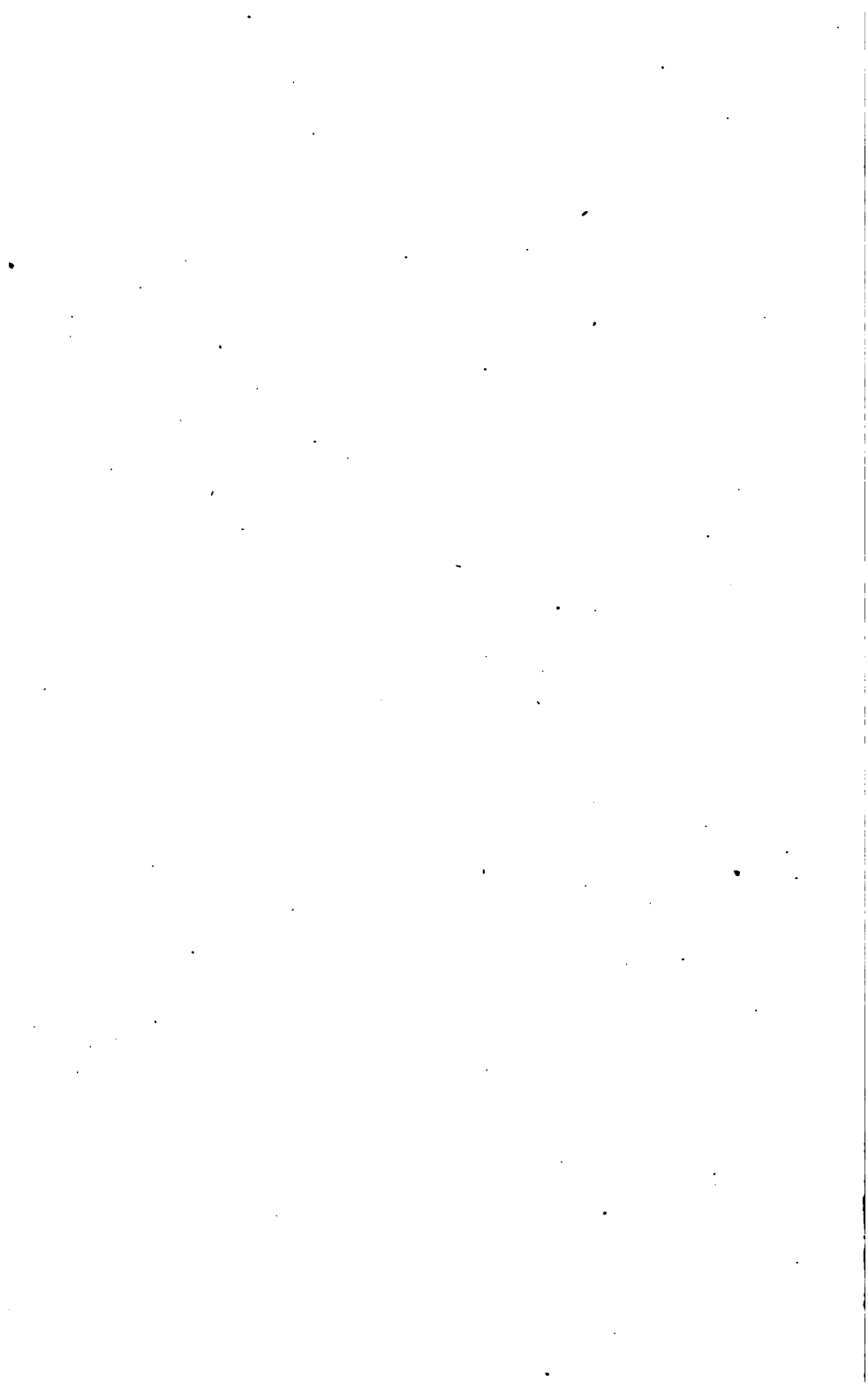
ANWENDUNG

AUF

AGRICULTUR UND PHYSIOLOGIE.

VON

JUSTUS VON LIEBIG.



DIE CHEMIE

IN IHRER

ANWENDUNG

AUF

AGRICULTUR UND PHYSIOLOGIE.

VON

JUSTUS VON LIEBIG.
"

NEUNTE AUFLAGE.

IM AUFTRAGE DES VERFASSERS

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. PH. ZÖLLER,

ordentlicher Professor der Chemie an der K. K. Hochschule
für Bodencultur zu Wien.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

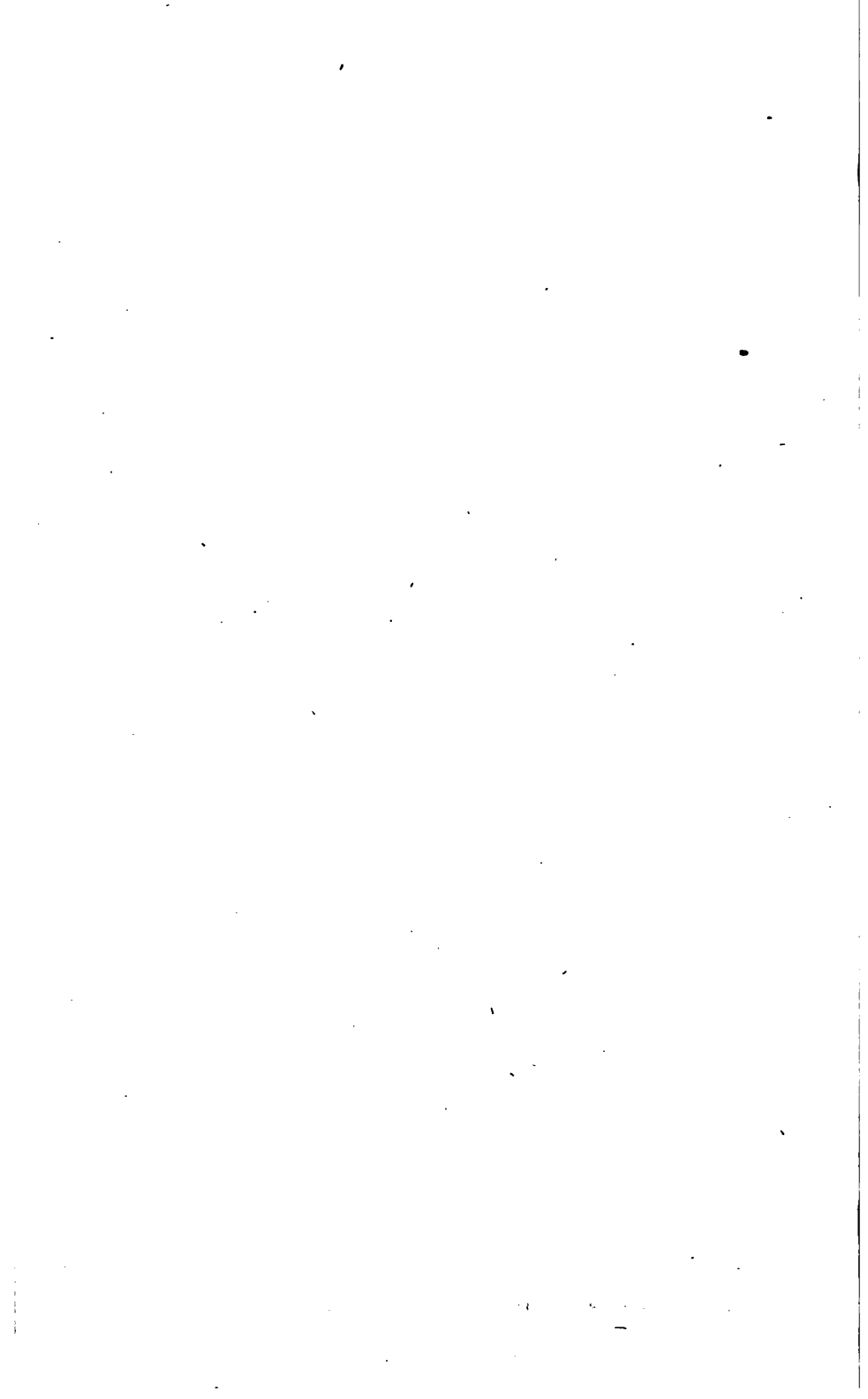
1875.

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache,
sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

GFT

5585
L65
1875
Agric.
Library

Der chemische Process
der
Ernährung der Vegetabilien.



Gegenstand.

Die organische Chemie hat zur Aufgabe die Erforschung der chemischen Bedingungen des Lebens und der vollendeten Entwicklung aller Organismen.

Das Bestehen aller lebendigen Wesen ist an die Aufnahme gewisser Materien geknüpft, die man Nahrungsmittel nennt; sie werden in dem Organismus zu seiner eigenen Ausbildung und Erhaltung verwendet.

Die Kenntniss der Bedingung ihres Lebens und Wachstums umfasst demnach die Ausmittlung der Stoffe, welche zur Nahrung dienen, die Erforschung der Quellen, woraus diese Nahrung entspringt, und die Untersuchung der Veränderungen, die sie bei ihrer Assimilation erleiden.

Den Menschen und Thieren bietet der vegetabilische Organismus die ersten Mittel zu ihrer Entwicklung und Erhaltung dar.

Die ersten Quellen der Nahrung der Pflanzen liefert ausschliesslich die anorganische Natur.

Der Gegenstand dieses Werkes ist die Entwicklung des chemischen Processes der Ernährung der Vegetabilien, sowie der Naturgesetze des Feldbaues.

Der erste Theil ist der Aufsuchung der Nahrungsmittel, sowie den Veränderungen gewidmet, die sie in dem lebenden Organismus erleiden; es sollen darin die chemischen Verbindungen betrachtet werden, welche den Pflanzen ihre Hauptbestandtheile, den Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Schwefel, liefern, sowie die Beziehungen, in welchen die Lebensfunctionen der Vegetabilien zu dem thierischen Organismus und zu anderen Naturerscheinungen stehen.

In dem zweiten Theil sollen die Naturgesetze betrachtet werden, die mit der Bebanung und Düngung der Felder in Beziehung stehen.

Die allgemeinen Bestandtheile der Vegetabilien.

Kohlenstoff und Wasserstoff sind Bestandtheile aller Pflanzen, und zwar eines jeden ihrer Organe.

4 Von den allgemeinen Bestandtheilen der Vegetabilien.

Die Hauptmasse aller Vegetabilien besteht aus Verbindungen, welche Kohlenstoff und die Elemente des Wassers, und zwar in dem nämlichen Verhältnisse wie im Wasser, enthalten; hierher gehören die Holzfaser, das Stärkemehl, Zucker und Gummi.

Eine andere Klasse von Kohlenstoffverbindungen enthält die Elemente des Wassers plus einer gewissen Menge Sauerstoff, sie umfasst mit wenigen Ausnahmen die zahlreichen in den Pflanzen vorkommenden organischen Säuren.

Eine dritte besteht aus Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff, welche entweder keinen Sauerstoff enthalten, oder, wenn Sauerstoff einen Bestandtheil davon ansmacht, so ist seine Quantität stets kleiner, als dem Gewichtsverhältnisse entspricht, in dem er sich mit Wasserstoff zu Wasser verbindet. Sie können demnach betrachtet werden als Verbindungen des Kohlenstoffs mit den Elementen des Wassers plus einer gewissen Menge Wasserstoff. Die flüchtigen und fetten Oele, das Wachs, die Harze gehören dieser Klasse an. Manche davon spielen die Rolle von Säuren.

Die organischen Säuren sind Bestandtheile aller Pflanzensäfte und mit wenigen Ausnahmen an anorganische Basen, an Metalloxyde, gebunden; die letzteren fehlen in keiner Pflanze, sie bleiben nach der Einäscherung derselben in der Asche zurück.

Der Stickstoff ist in den Pflanzen in der Form von Säuren, von indifferenten Stoffen und von eigenthümlichen Verbindungen enthalten, welche alle Eigenschaften von Metalloxyden besitzen; die letzteren heissen organische Basen. Alle Samen ohne Ausnahme enthalten eine Stickstoffverbindung.

Seinem Gewichtsverhältnisse nach macht der Stickstoff nur einen kleinen Theil der Masse der Pflanzen aus, er fehlt aber in keinem Vegetabil oder Organe eines Vegetabils; wenn er keinen Bestandtheil eines Organs ausmacht, so findet er sich dennoch unter allen Umständen in dem Saft, der die Organe durchdringt.

Die in dem Samen und dem Saft der Pflanzen nie fehlenden Stickstoffverbindungen enthalten eine gewisse Menge Schwefel. Die Samen, der Saft oder die Organe von manchen Pflanzengattungen liefern durch Destillation mit Wasser eigenthümliche flüchtige ölartige Verbindungen, die sich durch einen beträchtlichen Gehalt von Schwefel und Stickstoff vor allen anderen unterscheiden. Das flüchtige Oel des Meerrettigs und der Senfsamen gehören zu dieser Klasse von Schwefelverbindungen.

Die Bestandtheile aller Vegetabilien lassen sich nach dem Obigen in zwei grosse Klassen scheiden.

Die eine dieser Klassen enthält als Bestandtheil Stickstoff, in der anderen fehlt dieses Element.

Unter den stickstofffreien Verbindungen giebt es sauerstoffhaltige (Stärkemehl, Holzfaser etc.) und sauerstofffreie (Terpentinöl, Citronöl etc.).

Die stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile zerfallen in drei Unterabtheilungen: in schwefel- und sauerstoffhaltige (in allen Samen), in schwefelhaltige und sauerstofffreie (im Senföl), in schwefelfreie (die organischen Basen etc.) Verbindungen.

Die Entwicklung einer Pflanze ist nach dieser Auseinandersetzung abhängig von der Gegenwart einer Kohlenstoffverbindung, welche ihr den Kohlenstoff, einer Stickstoffverbindung, welche ihr den Stickstoff, einer Schwefelverbindung, die ihr den Schwefel liefert; sie bedarf noch ausserdem des Wassers und seiner Elemente, sowie eines Bodens, welcher die anorganischen Materien darbietet, ohne die sie nicht bestehen kann.

Der Ursprung und die Assimilation des Kohlenstoffs ¹⁾.

Die Landwirthschaft und einige Pflanzenphysiologen betrachteten einen Gemengtheil der Acker- und Dammerde, dem man den Namen Humus gegeben hat, als das Hauptnahrungsmittel, was die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen, und seine Gegenwart als die wichtigste Bedingung seiner Fruchtbarkeit.

Dieser Humus ist das Product der Fäulniss und Verwesung von Pflanzen und Pflanzentheilen.

Die Chemie bezeichnet mit Humus eine braune, in Wasser in geringer Menge, in Alkalien leichter lösliche Materie, welche, als Product der Zersetzung vegetabilischer Stoffe, durch die Einwirkung von Säuren oder Alkalien erhalten wird. Dieser Humus hat von der Verschiedenheit in seiner äussern Beschaffenheit und seinem Verhalten verschiedene Namen erhalten: Ulmin, Humussäure, Humuskohle, Humin heissen diese verschiedenen Modificationen des Humus der Chemiker; sie werden erhalten durch Behandlung des Torfs, der Holzfaser, des Ofenrusses, der Braunkohlen mit Alkalien, oder durch Zersetzung des Zuckers, der Stärke, des Milchzuckers vermittelt Säuren, oder durch Berührung alkalischer Lösungen der Gerb- und Gallussäure mit der Luft.

Humussäure heisst die in Alkalien lösliche, Humin und Humuskohle die unlösliche Modification des Humus.

Den Namen nach, die man diesen Materien gegeben hat, ist man leicht verführt, sie für identisch in ihrer Zusammensetzung zu halten. Dies wäre aber der grösste Irrthum, den man begehen kann, denn merkwürdiger Weise stehen Zucker, Essigsäure und Colophonium in dem Gewichtsverhältnisse ihrer Bestandtheile nicht weiter auseinander.

¹⁾ Vergleicht man das Gewicht des Extracts (der löslichen Theile), welche der fruchtbarste Boden liefern kann, mit dem Gewichte der Pflanze, die sich darauf entwickelt hat, so findet sich, dass sie nur eine sehr geringe Menge ihrer eigenen Substanz daraus empfangen konnte (de Saussure, Recherches sur la végétation. Deutsche Ausgabe von Voigt, Leipzig, Reclam, S. 249).

Die Humussäure, aus Sägespänen mit Kalihydrat erhalten, enthält nach Peligot's Analyse 72 Proc. Kohlenstoff, die Humussäure aus Torf und Braunkohle nach Sprengel 58 Proc., die aus Zucker mit verdünnter Schwefelsäure nach Malaguti 57 Proc., die aus demselben Körper und aus Stärke mit Salzsäure gewonnene nach Stein 65 Proc. Kohlenstoff.

Nach Malaguti enthält die Humussäure Wasserstoff und Sauerstoff zu gleichen Aequivalenten, in dem Verhältnisse also wie im Wasser; nach Sprengel's Analyse ist darin weniger Wasserstoff enthalten, und nach Peligot enthält die Humussäure sogar auf 14 Aeq. Wasserstoff nur 6 Aeq. Sauerstoff, also 8 Aeq. Wasserstoff mehr, als diesem Verhältnisse entspricht.

Faules Weidenholz, Torf und Dammerde hinterlassen nach ihrer Ausziehung mit Wasser und Weingeist eine braune feste Substanz, welche an Alkalien eine Humussäure abgibt, die, ausser Kohlenstoff und den Elementen des Wassers, noch eine gewisse Menge Ammoniak in Verbindung enthält (Mulder, Hermann).

Man sieht leicht, dass die Chemiker bis jetzt gewohnt waren, alle Zersetzungsproducte organischer Verbindungen von brauner oder braunschwarzer Farbe mit Humussäure oder Humin zu bezeichnen, je nachdem sie in Alkalien löslich waren oder nicht, dass aber diese Producte in ihrer Zusammensetzung und Entstehungsweise nicht das Geringste mit einander gemein haben.

Man hat nun nicht den entferntesten Grund zu glauben, dass das eine oder das andere dieser Zersetzungsproducte, in der Form und mit den Eigenschaften begabt, die man den vegetabilischen Bestandtheilen der Dammerde zuschreibt, in der Natur vorkommt, man hat nicht einmal den Schatten eines Beweises für die Meinung, dass eines von ihnen als Nahrungsstoff den Pflanzen¹⁾ diene. Nach allem, was wir in chemischer Beziehung von der Humussäure aus der Dammerde wissen, müsste jeder Boden, ja jedes Feld eine in ihrer chemischen Zusammensetzung von anderen verschiedene Humussäure enthalten.

Die Eigenschaften des Humus und der Humussäure der Chemiker sind unbegreiflicher Weise übertragen worden auf den Körper in der Dammerde, den man mit dem nämlichen Namen belegt; an diese Eigenschaften knüpfen sich die Vorstellungen über die Rolle, die man ihm in der Vegetation zuschrieb:

Die Meinung, dass der Humus als Bestandtheil der Dammerde von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen, dass sein Kohlenstoff, ohne vorher eine andere Form anzunehmen, von der Pflanze zur Nahrung verwendet wird, war keine naturwissenschaftliche Erkenntniss; die in die Augen fallende Verschiedenheit des Gedeihens von Pflanzen in Boden-

¹⁾ Ist im Nachfolgenden von Pflanzen schlechtweg die Rede, so sind darunter nur die höheren chlorophyllhaltigen, d. h. die grünen Gewächse verstanden.

arten, die man als ungleich reich an Humus kennt, erschien als eine genügende Begründung dieser Meinung.

Wenn man diese Voraussetzung einer strengen Prüfung unterwirft, so ergibt sich daraus der schärfste Beweis, dass der Humus in der Form, wie er im Boden enthalten ist, zur Ernährung der Pflanzen nichts beiträgt.

Wir wollen in dem Folgenden den Humus in der Ackererde mit den Eigenschaften begabt uns denken, welche die Chemiker an den braunschwarzen Niederschlägen beobachtet haben, die man durch Fällung einer alkalischen Abkochung von Dammerde oder Torf vermittelst Säuren erhält, und die sie Humussäure nennen.

Die Humussäure besitzt, frisch niedergeschlagen, eine flockige Beschaffenheit; ein Theil davon löst sich bei 18° C. in 2500 Theilen Wasser; sie verbindet sich mit Alkalien, Kalk und Bittererde und bildet mit den beiden letzteren Verbindungen von gleicher Löslichkeit (Sprengel).

Seinem Zustande nach kann der Humus nur durch Vermittelung des Wassers die Fähigkeit erlangen, von den Wurzeln aufgenommen zu werden. Die Chemiker haben nun gefunden, dass die Humussäure nur in frisch niedergeschlagenem Zustande löslich ist, dass sie diese Löslichkeit vollständig verliert, wenn sie an der Luft trocken geworden ist; sie wird ferner völlig unlöslich, wenn das Wasser, was sie enthält, gefriert (Sprengel).

Die Winterkälte und Sommerhitze rauben mithin der reinen Humussäure ihre Auflöslichkeit und damit ihre Assimilirbarkeit; sie kann als solche nicht in die Pflanzen gelangen.

Von der Richtigkeit dieser Beobachtung kann man sich leicht durch Behandlung guter Acker- und Dammerde mit kaltem Wasser überzeugen; das letztere entzieht nämlich derselben nicht $\frac{1}{100000}$ an löslichen organischen Materien, die Flüssigkeit ist nicht braun, sondern klar und ungefärbt.

Berzelius fand ebenfalls, dass vermodertes Eichenholz, was dem Hauptbestandtheile nach aus Humussäure besteht, an kaltes Wasser nur Spuren von löslichen Materien abgibt, eine Beobachtung, die ich an verfaultem Buchen- und Tannenholze bestätigt fand.

Die Unfähigkeit der Humussäure, den Pflanzen in diesem unlöslichen Zustande zur Nahrung zu dienen, ist den Pflanzenphysiologen nicht unbemerkt geblieben; sie haben deshalb angenommen, dass die Alkalien und alkalischen Erden, die man in der Pflanzenasche findet, die Löslichkeit und damit die Assimilirbarkeit vermitteln.

Die Humussubstanzen haben die Fähigkeit, bedeutende Mengen von Alkalien und alkalischen Erden zu absorbiren, d. i. in einen für Wasser unlöslichen Zustand überzuführen. So absorbirte 1 l (324 g) lufttrockener Schleissheimer Torf 7,892 g Kali und 4,169 g Ammoniak. Durch die Aufnahme dieser Mengen von Alkalien wird die Humussäure des

Torfes noch nicht löslich im Wasser, aber schon dieser Gehalt an Alkalien raubt dem Torfe die Eigenschaft, als Boden zum Wachsthum von Pflanzen zu dienen; in Versuchen, die in München angestellt wurden, gelang es nicht, in einem mit Alkalien gesättigten Torf- oder anderen Boden, auch beim Vorhandensein aller übrigen Bedingungen, Pflanzen zur Entwicklung zu bringen. Ein Boden, dem man einen solchen Ueberschuss von Alkalien zugesetzt hat, dass ein Theil der vorhandenen Humussäure löslich in Wasser wird, wirkt auf Pflanzen geradezu als Gift. Eine solche Humussäurelösung ist alkalisch und von brauner Farbe und alle bis jetzt gemachten Beobachtungen zeigen, dass die Membran der Wurzelzellen für solche färbende Substanzen in Flüssigkeiten ganz undurchdringlich ist.

Hierzu kommt, dass der Saft der Wurzelzellen stets eine bleibend saure Reaction besitzt, ein Zeichen einer darin vorhandenen freien Säure. Mit diesem sauren Wurzelsaft sind die Membranen der Wurzelzellen imbibirt (getränkt) und es ist daher selbstverständlich, dass humussaurer Salze, welche durch Säuren unter Abscheidung der Humussäure zersetzt werden, als solche nicht in die Wurzelzellen und von da weiter gelangen können; nur die mit der Humussäure verbundenen Alkalien und alkalischen Erden, insofern sie mit den Säuren des Wurzelsaftes lösliche Verbindungen bilden, können unter solchen Umständen in das Innere der Pflanzen eintreten.

Betrachtungen anderer und höherer Art widerlegen gleichfalls die erwähnte Ansicht über die Wirkungsweise der Humussäure auf eine vollkommen entscheidende und zweifellose Weise.

Die Felder produciren Kohlenstoff in der Form von Holz, von Heu, von Getreide und anderen Culturgewächsen, deren Massen ausserordentlich ungleich sind.

Auf 2500 Quadratmeter Wald von mittlern Boden wachsen 2650 Pfd. lufttrocknes Tannen-, Fichten-, Birken- etc. Holz.

Auf derselben Fläche erhält man im Durchschnitt 2500 Pfd. Heu.

Die nämliche Fläche Getreideland liefert 18 000 bis 20 000 Pfd. Runkelrüben.

Auf derselben Fläche gewinnt man 800 Pfd. Roggen und 1780 Pfd. Stroh, im Ganzen also 2580 Pfd.

100 Theile lufttrocknes Tannenholz enthalten 38 Theile Kohlenstoff; obige 2650 Pfd. Holz enthalten demnach 1007 Pfd. Kohlenstoff.

100 Theile lufttrocknes Heu enthalten, nach Will, 40,73 Theile Kohlenstoff, obige 2500 Pfd. Heu enthalten demnach 1018 Pfd. Kohlenstoff.

Die Runkelrüben enthalten 89 bis 89,5 Theile Wasser und 10,5 bis 11 Theile feste Substanz. Die letztere enthält 40 Proc. Kohlenstoff (Will).

20 000 Pfd. Runkelrüben enthalten hiernach, den Kohlenstoff der Blätter nicht berechnet, 880 Pfd. Kohlenstoff.

100 Pfd. Stroh enthalten lufttrocken 38 Proc. Kohlenstoff (Will).
 1780 Pfd. Stroh enthalten demnach 676 Pfd. Kohlenstoff. In 100 Theilen Korn sind 46 Theile Kohlenstoff enthalten; in 800 Pfd. mithin 368 Pfd. Beide zusammen geben 1044 Pfd. Kohlenstoff.

Es bringen mithin hervor:

| | | |
|------|---|------------------------|
| 2500 | Quadratmeter Wald | 1007 Pfd. Kohlenstoff, |
| 2500 | „ Wiese | 1018 „ „ |
| 2500 | „ Culturland, Runkelrüben ohne Blätter | 880 „ „ |
| 2500 | „ Culturland, Getreide | 1044 „ „ |

Aus diesen unverwerflichen Thatsachen muss geschlossen werden, dass gleiche Flächen culturfähiges Land eine gleiche Quantität Kohlenstoff hervorzubringen vermögen; aber wie unendlich verschieden sind die Bedingungen des Wachstums der Pflanzen gewesen, die man darauf gezogen hat.

Wo nimmt, muss man fragen, das Gras auf den Wiesen, das Holz in dem Walde seinen Kohlenstoff her, da man ihm keinen Kohlenstoff als Nahrung zugeführt hat, und woher kommt es, dass der Boden, weit entfernt, an Kohlenstoff ärmer zu werden, sich jährlich noch daran bereichert?

Jedes Jahr nehmen wir dem Walde, der Wiese eine gewisse Quantität von Kohlenstoff in der Form von Heu und Holz, und demungeachtet finden wir, dass der Kohlenstoffgehalt des Bodens zunimmt, dass er an Humus reicher wird.

Wir ersetzen, so sagt man, dem Getreide- und Fruchtlande durch den Dünger den als Kraut, Stroh, als Samen oder Frucht hinweggenommenen Kohlenstoff wieder, und dennoch bringt dieser Boden nicht mehr Kohlenstoff hervor als der Wald und die Wiese, denen er nie ersetzt wird. Ist es denkbar, dass die Gesetze der Ernährung der Pflanzen durch die Cultur geändert werden können, dass für das Getreide und die Futtergewächse andere Quellen des Kohlenstoffs existiren als für das Gras und die Bäume in den Wiesen und Wäldern?

Aber auch zahlreiche directe Versuche in humusleeren, von allen organischen Bestandtheilen völlig freien Bodenarten, sowie in wässerigen Lösungen der anderen Pflanzennahrungsstoffe ergaben, dass die Pflanzen gedeihen und die höchsten Erträge an organischer Masse liefern können, ohne dass ihren Wurzeln auch nur die geringste Menge kohlenstoffhaltiger organischer Materie dargeboten zu sein braucht.

Die in diesem Werke später zu erwähnenden zahlreichen Versuche von Wiegmann und Polstorf, Salm-Horstmar, Boussingault, Henneberg, Knop, Stohmann, Nobbe u. A. sind directe Beweise, dass die Atmosphäre die Quelle sei, aus welcher die Pflanzen ihren Kohlenstoff schöpfen.

10 Der Ursprung und die Assimilation des Kohlenstoffs.

Bei der Lösung des Problems über den Ursprung des Kohlenstoffs in den Pflanzen hatte man durchaus unberücksichtigt gelassen, dass diese Frage gleichzeitig den Ursprung des Humus umfasst.

Der Humus entsteht nach Aller Ansicht durch Fäulniss und Verwesung von Pflanzen und Pflanzentheilen; eine Urdammerde, einen Urhumus kann es also nicht geben, denn es waren vor dem Humus Pflanzen vorhanden. Wo nahmen nun diese ihren Kohlenstoff her, und in welcher Form ist der Kohlenstoff in der Atmosphäre enthalten?

Diese beiden Fragen umfassen zwei der merkwürdigsten Naturerscheinungen, welche, gegenseitig ununterbrochen in Thätigkeit, das Leben und Fortbestehen der Thiere und Vegetabilien auf unendliche Zeiten hinaus auf die bewunderungswürdigste Weise bedingen und vermitteln.

Die eine dieser Fragen bezieht sich auf den unveränderlichen Gehalt der Luft an Sauerstoff: zu jeder Jahreszeit und in allen Klimaten hat man darin in 100 Volumtheilen 21 Volumina Sauerstoff mit so geringen Abweichungen gefunden, dass sie als Beobachtungsfehler angesehen werden müssen.

So ausserordentlich gross nun auch der Sauerstoffgehalt der Luft bei einer Berechnung sich darstellt, so ist seine Menge dennoch nicht unbegrenzt, sie ist im Gegentheile eine erschöpfbare Grösse.

Wenn man nun erwägt, dass jeder Mensch in 24 Stunden 57,2 Cubikfuss (hessische)¹⁾ Sauerstoff in dem Athmungsprocesse verzehrt, dass 10 Ctr. Kohlenstoff bei ihrem Verbrennen 58112 Cubikfuss Sauerstoff verzehren, dass eine einzige Eisenhütte Hunderte von Millionen Cubikfuss, dass eine kleine Stadt, wie Giessen, in dem zum Heizen dienenden Holze allein über 1000 Millionen Cubikfuss Sauerstoff der Atmosphäre entziehen, so bleibt es völlig unbegreiflich, wenn keine Ursache existirt, durch welche der hinweggenommene Sauerstoff wieder ersetzt wird, wie es möglich sein kann, dass nach Zeiträumen, die man in Zahlen nicht auszudrücken weiss²⁾, der Sauerstoffgehalt der Luft nicht kleiner gewor-

1) 1 hessischer Cubikfuss = 15,625 Liter.

2) Wenn die Atmosphäre überall dieselbe Dichte wie an der Meeresfläche hätte, so wäre sie 24555 par. Fuss hoch. Da hierin der Wasserdampf mit eingeschlossen ist, so kann man ihre Höhe zu 1 geogr. Meile = 22843 par. Fuss annehmen. Der Radius der Erde = 860 solchér Meilen gesetzt, so ergiebt sich

das Volum der Atmosphäre = 9 307 500 Cubikmeilen,

das Volum des Sauerstoffs = 1 954 578 "

das Volum der Kohlensäure = 3 862,7 "

Ein Mann verbraucht täglich = 45000 par. Cubikzoll Sauerstoff, im Jahre mithin 9505,2 Cubikfuss. Tausend Millionen Menschen verbrauchen mithin 9 Billionen fünfhundert fünftausend zweihundert Millionen Cubikfuss. Man kann ohne Uebertreibung annehmen, dass die Thiere und Verwesungs- und Verbrennungsprocesse doppelt so viel verbrauchen. Hieraus geht hervor, dass jährlich 2,392355 Cubikmeilen Sauerstoff, in runder Summe 2,4 Cubikmeilen, verzehrt werden, in 8mal hunderttausend Jahren würde die Atmosphäre keine Spur Sauerstoff mehr enthalten, allein in weit früherer Zeit würde sie für Respirations- und für Verbrennungsprocesse gänzlich untauglich sein, da sie schon

den ist, dass die Luft in den Thränenkrügen, die vor 1800 Jahren in Pompeji verschüttet wurden, nicht mehr davon als wie heute enthält. Woher kommt es also, dass dieser Sauerstoffgehalt eine Grösse ist, die sich nie ändert?

Die Beantwortung dieser Frage hängt mit einer andern aufs Engste zusammen, wo die Kohlensäure nämlich hinkommt, die durch das Athmen der Thiere, durch Verbrennungsprocesse gebildet wird. Ein Cubikfuss Sauerstoff, der sich mit Kohlenstoff zu Kohlensäure vereinigt, ändert sein Volumen nicht; aus den Billionen Cubikfuss verzehrten Sauerstoffgases sind eben so viel Billionen Cubikfuss Kohlensäure entstanden und in die Atmosphäre gesendet worden.

Durch die genauesten und zuverlässigsten Versuche ist von de Saussure ausgemittelt worden, dass die Luft, dem Volumen nach, im Mittel aller Jahreszeiten nach dreijährigen Beobachtungen 0,000415 Volumtheile Kohlensäure enthält.

Die Beobachtungsfehler, welche diesen Gehalt verkleinern mussten, in Anschlag gebracht, kann man annehmen, dass das Gewicht der Kohlensäure nahe $\frac{1}{1000}$ des Gewichtes der Luft beträgt.

Dieser Gehalt wechselt nach den Jahreszeiten, er ändert sich aber nicht in verschiedenen Jahren.

Wir kennen Thatfachen, die uns zur Vermuthung berechtigen, dass der Kohlensäuregehalt der Luft vor Jahrtausenden weit beträchtlicher war als heute, man sollte dem ungeachtet denken, dass ihn die ungeheuren Massen Kohlensäure, welche jährlich in der Atmosphäre der vorhandenen sich hinzufügen, von Jahr zu Jahr bemerkbar hätten vergrössern müssen, allein bei allen früheren Beobachtern findet man ihn um die Hälfte bis zum zehnfachen Volumen höher angegeben, woraus man höchstens schliessen kann, dass er sich vermindert hat.

Man bemerkt leicht, dass die im Verlaufe der Zeit stets unveränderlichen Mengen von Kohlensäure und Sauerstoffgas in der Atmosphäre zu einander in einer bestimmten Beziehung stehen müssen; es muss eine Ursache vorhanden sein, welche die Anhäufung der Kohlensäure hindert und die sich bildende unaufhörlich wieder entfernt; es muss eine Ursache geben, durch welche der Luft der Sauerstoff wieder ersetzt wird, den sie durch Verbrennungsprocesse, durch Verwesung und durch die Respiration der Menschen und Thiere verliert.

Beide Ursachen vereinigen sich zu einer einzigen in dem Lebensprocesse der Vegetabilien.

In den vorhergehenden Beobachtungen ist der Beweis niedergelegt worden, dass der Kohlenstoff der Vegetabilien ausschliesslich aus der Atmosphäre stammt.

bei einer Verminderung ihres Sauerstoffgehalts auf 8 Proc. für das Leben der Thiere tödtlich wirkt und brennende Körper darin nicht mehr fortbrennen.

12 Der Ursprung und die Assimilation des Kohlenstoffs.

In der Atmosphäre existirt nun der Kohlenstoff nur in der Form von Kohlensäure, also in der Form einer Sauerstoffverbindung.

Die Hauptbestandtheile der Vegetabilien, gegen deren Masse die Masse der übrigen verschwindend klein ist, enthalten, wie oben erwähnt wurde, Kohlenstoff und die Elemente des Wassers; alle zusammen enthalten weniger Sauerstoff als die Kohlensäure.

Es ist demnach gewiss, dass die Pflanzen, indem sie den Kohlenstoff der Kohlensäure sich aneignen, die Fähigkeit besitzen müssen, eine Zerlegung der Kohlensäure zu bewirken; die Bildung ihrer Hauptbestandtheile setzt eine Trennung des Kohlenstoffs von dem Sauerstoffe voraus; der letztere muss, während des Lebensprocesses der Pflanze, während sich der Kohlenstoff mit dem Wasser oder seinen Elementen verbindet, an die Atmosphäre wieder zurückgegeben werden. Für jedes Volumen Kohlensäure, deren Kohlenstoff Bestandtheil der Pflanze wird, muss die Atmosphäre ein gleiches Volumen Sauerstoff empfangen.

Diese merkwürdige Fähigkeit der Pflanzen ist durch zahllose Beobachtungen auf das Unzweifelhafteste bewiesen worden; ein Jeder kann sich mit den einfachsten Mitteln von ihrer Wahrheit überzeugen.

Die Blätter und grünen Theile aller Pflanzen saugen nämlich kohlen-saures Gas ein und hauchen, dem Lichte ausgesetzt, ein ihm gleiches Volumen Sauerstoffgas aus.

Die Blätter und grünen Theile besitzen dieses Vermögen selbst dann noch, wenn sie von der Pflanze getrennt sind; bringt man sie in diesem Zustande in Wasser, welches Kohlensäure enthält, und setzt sie dem Sonnenlichte aus, so verschwindet nach einiger Zeit die Kohlensäure gänzlich, und stellt man diesen Versuch unter einer mit Wasser gefüllten Glasglocke an, so kann man das entwickelte Sauerstoffgas sammeln und prüfen; wenn die Entwicklung von Sauerstoffgas aufhört, ist auch die gelöste Kohlensäure verschwunden; setzt man aufs Neue Kohlensäure hinzu, so stellt sie sich von Neuem ein.

In einem Wasser, welches frei von Kohlensäure ist, oder ein Alkali enthält, was sie vor der Assimilation schützt, entwickeln die Pflanzen kein Gas.

Diese Beobachtungen sind zuerst von Priestley und Sennebier gemacht, und von de Saussure ist in einer Reihe vortrefflich ausgeführter Versuche bewiesen worden, dass mit der Abscheidung des Sauerstoffs, mit der Zersetzung der Kohlensäure die Pflanze an Gewicht zunimmt. Diese Gewichtsvermehrung beträgt mehr als der Quantität des aufgenommenen Kohlenstoffs entspricht, was vollkommen der Vorstellung gemäss ist, dass mit dem Kohlenstoffe gleichzeitig die Elemente des Wassers von der Pflanze assimiliert werden.

Ein eben so erhabener als weiser Zweck hat das Leben der Pflanzen und Thiere auf eine wunderbare einfache Weise aufs Engste an einander geknüpft.

Ein Bestehen einer reichen üppigen Vegetation kann gedacht werden ohne Mitwirkung des thierischen Lebens, aber die Existenz der Thiere ist ausschliesslich an die Gegenwart, an die Entwicklung der Pflanzen gebunden.

Die Pflanze liefert nicht allein dem thierischen Organismus in ihren Organen die Mittel zur Ernährung, zur Erneuerung und Vermehrung seiner Masse, sie entfernt nicht nur aus der Atmosphäre die schädlichen Stoffe, die seine Existenz gefährden, sondern sie ist es auch allein, welche den höhern organischen Lebensprocess, die Respiration, mit der ihr unentbehrlichen Nahrung versieht; sie ist eine unversiegbare Quelle des reinsten und frischesten Sauerstoffgases, sie ersetzt der Atmosphäre in jedem Momente, was sie verlor.

Alle übrigen Verhältnisse gleichgesetzt, athmen die Thiere Kohlenstoff aus, die Pflanzen athmen ihn ein; das Medium, in dem es geschieht, die Luft, kann in ihrer Zusammensetzung nicht geändert werden.

Ist nun, kann man fragen, der dem Anscheine nach so geringe Kohlensäuregehalt der Luft, ein Gehalt, der dem Gewicht nach nur $\frac{1}{10}$ Proc. beträgt, überhaupt nur genügend, um den Bedarf der ganzen Vegetation auf der Oberfläche der Erde zu befriedigen, ist es möglich, dass dieser Kohlenstoff aus der Luft stammt?

Diese Frage ist unter allen am leichtesten zu beantworten. Man weiss, dass auf jedem hessischen Quadratfusse ¹⁾ der Oberfläche der Erde eine Luftsäule ruht, welche 1295 Pfd. hessisch ²⁾ wiegt; man kennt den Durchmesser und damit die Oberfläche der Erde, man kann mit der grössten Genauigkeit das Gewicht der Atmosphäre berechnen; der tausendste Theil dieses Gewichts ist Kohlensäure, welche etwas über 27 Proc. Kohlenstoff enthält. Aus dieser Berechnung ergibt sich nun, dass die Atmosphäre 2800 Billionen Pfund Kohlenstoff enthält, eine Quantität, welche mehr beträgt als das Gewicht aller Pflanzen, der bekannten Stein- und Braunkohlenlager auf dem ganzen Erdkörper zusammengenommen. Dieser Kohlenstoff ist also mehr als hinreichend, um dem Bedarfe zu genügen. Der Kohlenstoffgehalt des Meerwassers ist verhältnissmässig noch grösser.

Nehmen wir an, dass die Oberfläche der Blätter und grünen Pflanzentheile, durch welche die Absorption der Kohlensäure geschieht, doppelt so viel beträgt als die Oberfläche des Bodens, auf dem die Pflanze wächst, was beim Walde, bei den Wiesen und Getreidefeldern, die den meisten Kohlenstoff produciren, weit unter der wirklich thätigen Oberfläche ist; nehmen wir ferner an, dass von einer zwei Fuss hohen Luftschicht, die über einem Morgen schwebt, von 80 000 Cubikfuss also, in jeder Zeitsecunde, 8 Stunden täglich, der Luft 0,00067 ihres Volums

¹⁾ 1 Fuss hessisch = 250 mm.

²⁾ 1 Pfund hessisch = 500 g.

14 Der Ursprung und die Assimilation des Kohlenstoffs.

oder $\frac{1}{1000}$ ihres Gewichts an Kohlensäure entzogen wird, so nehmen diese Blätter in 200 Tagen 1000 Pfd. Kohlenstoff auf¹⁾.

So lange die Functionen der Organe einer Pflanze durch Widerstände nicht unterdrückt sind, ist in dem Leben einer Pflanze kein Stillstand denkbar. Die Wurzeln und alle Theile derselben, welche die nämliche Fähigkeit besitzen, saugen beständig Wasser, sie athmen Kohlensäure ein; diese Fähigkeit ist unabhängig von dem Sonnenlichte; die Kohlensäure häuft sich während der Nacht in allen Theilen der Pflanze an, und erst von dem Augenblicke an, wo das Licht auf sie einwirkt, geht die Zerlegung der Kohlensäure, die Assimilation des Kohlenstoffs, die Aushauchung von Sauerstoffgas vor sich; erst in dem Momente, wo der Keim die Erde durchbricht, färbt er sich von der äussersten Spitze abwärts, die eigentliche Holzbildung nimmt damit ihren Anfang.

Die atmosphärische Luft ist in beständiger Bewegung, sowohl in horizontaler als in verticaler Richtung; derselbe Ort ist abwechselnd umgeben von Luft, die von den Polen oder von dem Aequator kommt. Ein sehr schwacher Wind legt in einer Stunde sechs Meilen, und in weniger als acht Tagen die Strecke zurück, die uns von den Tropen oder dem Pole scheidet; und wenn im Winter in den kalten und gemässigten Zonen die Pflanzenwelt aufhört, den durch Verbrennungs- und Athmungsprocesse der Luft entzogenen Sauerstoff zu ersetzen, so sind es die Gegenden, in denen die Vegetation sich in vollster Thätigkeit befindet, welche uns den dort in Freiheit gesetzten Sauerstoff zusenden; derselbe Luftstrom, welcher, veranlasst durch die Erwärmung der Erde, seinen durch die ungleiche Umdrehungsgeschwindigkeit der verschiedenen Breitenkreise bestimmten Weg von dem Aequator zu den Polen zurückgelegt hat, bringt uns, zu dem Aequator zurückkehrend, den dort erzeugten Sauerstoff und führt ihm die Kohlensäure unserer Winter zu.

Die Versuche von de Saussure haben dargethan, dass die oberen

¹⁾ Wie viel Kohlensäure der Luft in einer gegebenen Zeit entzogen werden kann, giebt folgende Rechnung zu erkennen: Bei dem Weissagen eines kleinen Zimmers von 105 Meter Fläche (Wände und Decke zusammengekommen) erhält es in 4 Tagen 6 Anstriche mit Kalkmilch, es wird ein Ueberzug von kohlensaurem Kalk gebildet, zu welchem die Luft die Kohlensäure liefert. Nach einer genauen Bestimmung erhält ein Quadratdecimeter Fläche einen Ueberzug von kohlensaurem Kalk, welcher 0,732 g wiegt. Obige 105 Meter sind mithin bedeckt mit 7686 g kohlensaurem Kalk, welche 4325,6 g Kohlensäure enthalten. Das Gewicht eines Cubikdecimeters Kohlensäure, zu 2 g angenommen (er wiegt 1,97978 g), absorbirt mithin obige Fläche 2,193 Cubikmeter Kohlensäure in 4 Tagen.

Ein Morgen Land = 2500 Quadratmeter würde bei einer gleichen Behandlung in 4 Tagen $51\frac{1}{2}$ Cubikmeter Kohlensäure = 3296 Cubikfuss Kohlensäure absorbiren, in zweihundert Tagen würde dies 2575 Cubikmeter = 164 800 Cubikfuss = 10300 Pfd. Kohlensäure = 2997 Pfd. Kohlenstoff, also etwa dreimal mehr betragen als die Blätter und Wurzeln der Pflanzen, die auf diesem Boden wachsen, wirklich assimiliren.

Schichten der Luft mehr Kohlensäure als die unteren enthalten ¹⁾, die mit den Pflanzen sich in Berührung befinden, dass der Kohlensäuregehalt der Luft grösser ist bei Nacht als bei Tage, wo das eingesaugte kohlen saure Gas zersetzt wird.

Die Pflanzen verbessern die Luft, indem sie die Kohlensäure entfernen, indem sie den Sauerstoff erneuern; dieser Sauerstoff kommt Menschen und Thieren zuerst und unmittelbar zu gut. Die Bewegung der Luft in horizontaler Richtung bringt uns so viel zu, als sie hinwegführt; der Luftwechsel von unten nach oben, in Folge der Ausgleichung der Temperaturen, ist, verglichen mit dem Wechsel durch Winde, verschwindend klein.

Die Cultur erhöht den Gesundheitszustand der Gegenden; mit dem Aufhören aller Cultur wurden manche sonst gesunde Gegenden unbewohnbar.

Die Braunkohlen, Steinkohlen und Torflager sind die Ueberreste einer unendlich reichen, seit Jahrtausenden untergegangenen Vegetation; der Kohlenstoff, den sie enthalten, stammt aus der Atmosphäre, in der Form von Kohlensäure wurde er von den Pflanzen daraus aufgenommen.

Es ist klar, die Atmosphäre der Jetztzeit muss reicher sein an Sauerstoff als die der Urwelt. Der Ueberschuss, den sie mehr enthält, muss genau dem Volumen der Kohlensäure gleich sein, welche zur Nahrung dieser urweltlichen Pflanzen gedient hat, er muss dem Kohlenstoffe und Wasserstoffe, die wir in ihren Ueberresten abgelagert finden, entsprechen.

Mit der Ablagerung von zehn Cubikfuss Splintkohle (von Newcastle: specif. Gew. 1,228, Formel $C_{24}H_{26}O$) sind der Atmosphäre über achtzehntausend Cubikfuss Kohlensäure entzogen worden; sie wurde um ein diesem gleiches Volum an reinem Sauerstoff reicher, ihr Gehalt wurde ferner vergrössert um 4480 Cubikfuss Sauerstoff von dem zerlegten Wasser, dessen Wasserstoff diese 10 Cubikfuss Kohle enthalten.

Die Atmosphäre der Urwelt war ärmer an Sauerstoff, sie war aber reicher an Kohlensäure, einer der Hauptbedingungen einer üppigen Vegetation (Brogniart).

Mit dem Untergange dieser unermesslich ausgedehnten Pflanzenwelt waren die Bedingungen des Bestehens und der Fortdauer der höhern Thierwelt vorhanden.

Wenn auf der Oberfläche der Erde durch Anhäufung von lebenden Geschöpfen oder durch Verbrennungsprocesse die Kohlensäurebildung zunimmt, so erhält damit an diesem oder einem andern Orte die Vegetation einen Ueberschuss an Nahrungsstoff. Durch den Uebergang des Kohlenstoffs dieser Kohlensäure zu einem Bestandtheile der wildwachsenden oder Culturpflanzen wird das Gleichgewicht des Sauerstoffgehalts wieder hergestellt. Mit dem Erscheinen der Menschen war die Unver-

¹⁾ Das Gleiche beobachteten die Gedrüder Schlagintweit.

änderlichkeit des Sauerstoff- und Kohlensäuregehalts der Atmosphäre für immer festgesetzt.

Wir erkennen in dem Leben der Pflanze, in der Assimilation des Kohlenstoffs, als der wichtigsten ihrer Functionen, eine Sauerstoffausscheidung, man kann sagen, eine Sauerstofferzeugung. Keine Materie kann daher als Nahrung der Pflanze angesehen werden, deren Zusammensetzung ihrer eigenen gleich oder ähnlich ist, deren Verwendung also erfolgen könnte, ohne dieser Function zu genügen.

Das Verhalten der Pflanzen bei Abwesenheit des Lichtes, in der Nacht, veranlasste offenbar die Zweifel, welche man bezüglich der Assimilation des Kohlenstoffes aus der Atmosphäre, der Verbesserung der Luft durch die Pflanzen hegte.

An die Versuche von Ingenhouss knüpfen sich zum grossen Theil die Einwürfe, welche der Ansicht entgegengestellt werden, dass die Pflanzen die Luft verbessern. Seine Beobachtung, dass die grünen Pflanzen im Dunkeln Kohlensäure aushauchen, haben de Saussure und Grischow zu Versuchen geführt, aus denen sich herausgestellt hat, dass sie in der That Sauerstoff im Dunkeln einsaugen und dafür Kohlensäure aushauchen, und dass die Luft, in welcher die Pflanzen im Dunkeln vegetiren, ihr Volumen vermindert; es ist hieraus klar, dass die Menge des absorbirten Sauerstoffgases grösser ist als das Volumen der abgeschiedenen Kohlensäure — wären beide gleich gewesen, so hätte keine Luftverminderung stattfinden können. Diese Thatsache kann nicht in Zweifel gezogen werden, allein die Interpretationen, die man ihr untergelegt hat, sind so vollkommen falsch, dass nur die gänzliche Nichtbeachtung und Unkenntniss der chemischen Beziehungen einer Pflanze zu der Atmosphäre, die sie umgiebt, erklärt, wie man zu diesen Ansichten gelangen konnte.

Es ist bekannt, dass der indifferente Stickstoff, das Wasserstoffgas, dass eine Menge anderer Gase eine eigenthümliche, oft schädliche Wirkung auf die lebenden Pflanzen ausüben. Ist es nun denkbar, dass eine der kräftigsten Agentien, der Sauerstoff, wirkungslos auf eine Pflanze bliebe, sobald sie sich in dem Zustande des Lebens befindet, wo einer ihrer eigenthümlichen Assimilationsprocesse aufgehört hat?

Man weiss, dass mit der Abwesenheit des Lichtes die Zersetzung der Kohlensäure ihre Grenze findet. Mit der Nacht beginnt ein rein chemischer Process, in Folge der Wechselwirkung des Sauerstoffs der Luft auf die Bestandtheile der Blätter, Blüten und Früchte.

Es lässt sich mit der grössten Leichtigkeit und Sicherheit aus den bekannten Bestandtheilen der Blätter verschiedener Pflanzen vorausbestimmen, welche davon den meisten Sauerstoff im lebenden Zustande während der Abwesenheit des Lichtes absorbiren werden. Die Blätter und grünen Theile aller Pflanzen, welche flüchtige Oele, überhaupt aromatisch flüchtige Bestandtheile enthalten, die sich durch Aufnahme des

Sauerstoffs in Harz verwandeln, werden mehr Sauerstoff einsaugen als andere, welche frei davon sind. Andere wieder, in deren Saften sich die Bestandtheile der Galläpfel befinden oder stickstoffreiche Materien, werden mehr Sauerstoff aufnehmen als die, worin diese Bestandtheile fehlen. Die Beobachtungen de Saussure's sind entscheidende Beweise für dieses Verhalten; während die *Agave americana* mit ihren fleischigen geruch- und geschmacklosen Blättern nur 0,3 ihres Volumens Sauerstoff in 24 Stunden im Dunkeln absorbirt, nehmen die mit flüchtigem, verharzbarem Oel durchdrungenen Blätter der *Pinus abies* die 10fache, die gerbsäurehaltigen der *Quercus robur* die 14fache, die balsamischen Blätter der *Populus alba* die 21fache Menge des von der *Agave americana* eingesaugten Sauerstoffs auf. Wie zweifellos und augenscheinlich zeigt sich diese chemische Action in den Blättern der *Cotyledon Calycina*, der *Cacalia ficoides* und anderen, sie sind des Morgens sauer wie Sauerampfer, gegen Mittag geschmacklos, am Abend bitter. In der Nacht findet also ein reiner Säurebildungs-, Oxydationsprocess statt, am Tage und gegen Abend stellt sich der Process der Sauerstoffausscheidung ein; die Säure geht in Substanzen über, welche Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnisse wie im Wasser, oder noch weniger Sauerstoff enthalten, wie in allen geschmackvollen und bitteren Materien.

Ja man könnte aus den verschiedenen Zeiten, welche die grünen Blätter der Pflanzen bedürfen, um durch den Einfluss der atmosphärischen Luft ihre Farbe zu ändern, die absorbirten Sauerstoffmengen annähernd bestimmen. Diejenigen, welche sich am längsten grün erhalten, werden in gleichen Zeiten weniger Sauerstoff aufnehmen als andere, deren Bestandtheile eine rasche Veränderung erfahren. Man findet in der That, dass die Blätter von *Ilex aquifolium*, ausgezeichnet durch die Beständigkeit, mit welcher sie ihre Farbe bewahren, 0,86 ihres Volumens Sauerstoff in derselben Zeit aufnehmen, in welcher die so leicht und schnell ihre Farbe verändernden Blätter der Pappel und Buche, die eine das 8fache, die andere das $9\frac{1}{2}$ fache ihres Volumens absorbiren (de Saussure).

Das Verhalten der grünen Blätter der Eiche, Buche und Stechpalme, welche unter der Luftpumpe bei Abschluss des Lichtes getrocknet und nach Befeuchtung mit Wasser unter eine graduirte Glocke mit Sauerstoffgas gebracht werden, entfernt jeden Zweifel über diesen chemischen Process. Alle vermindern das Volumen des eingeschlossenen Sauerstoffgases, und zwar in dem nämlichen Verhältnisse, als sie ihre Farbe ändern. Diese Luftverminderung kann nur auf der Bildung von höheren Oxyden, oder einer Oxydation des Wasserstoffs der an diesem Elemente reichen Bestandtheile der Pflanzen beruhen.

Die Eigenschaft der grünen Blätter, Sauerstoff aufzunehmen, gehört aber auch dem frischen Holze an, gleichgültig ob es von Zweigen oder dem Innern eines Stammes genommen worden ist. Bringt man es in dem feuchten Zustande, wie es vom Baume genommen wird, in feinen

Spänen unter eine Glocke mit Sauerstoffgas, so findet man stets im Anfange das Volumen des Sauerstoffs verringert; während das trockne befeuchtete Holz, welches eine Zeitlang der Atmosphäre ausgesetzt gewesen ist, den umgebenden Sauerstoff in Kohlensäure ohne Aenderung des Volumens verwandelt, nimmt also das frische Holz mehr Sauerstoff auf¹⁾).

Petersen und Schödlar haben durch sorgfältige Elementaranalyse von 24 verschiedenen Holzarten bewiesen, dass sie Kohlenstoff, die Elemente des Wassers und noch ausserdem eine gewisse Menge Wasserstoff in Ueberschuss enthalten; das Eichenholz, frisch vom Baume genommen und bei 100° getrocknet, enthielt 49,432 Kohlenstoff, 6,069 Wasserstoff und 44,499 Sauerstoff.

Die Quantität Wasserstoff, welche nöthig ist, um mit 44,499 Sauerstoff Wasser zu bilden, ist $\frac{1}{8}$ dieser Quantität, nämlich 5,56; es ist klar, dass das Eichenholz $\frac{1}{12}$ mehr Wasserstoff enthält, als diesem Verhältnisse entspricht; Pinus larix, Abies und Picea enthalten $\frac{1}{7}$, die Linde (*Tilia europaea*) sogar $\frac{1}{5}$ mehr Wasserstoff: man sieht leicht, dass der Wasserstoffgehalt in inniger Beziehung steht zu dem specifischen Gewichte; die leichten Holzarten enthalten mehr davon als die schweren; das Ebenholz (*Diospyros Ebenum*) enthält genau die Elemente des Wassers.

Der Unterschied in der Zusammensetzung der Holzarten von der reinen Holzfaser beruht unleugbar auf der Gegenwart von wasserstoffreichen und sauerstoffarmen, zum Theil löslichen Bestandtheilen, in Harz und anderen Stoffen, deren Wasserstoff sich in der Analyse zu dem der Holzfaser addirt.

Wenn nun, wie erwähnt worden ist, das in Verwesung begriffene Eichenholz Kohle und die Elemente des Wassers ohne Ueberschuss an Wasserstoff enthält, wenn es während seiner Verwesung das Volumen der Luft nicht ändert, so muss nothwendig dieses Verhältniss im Beginne der Verwesung ein anderes gewesen sein, denn in den wasserstoffreichen Bestandtheilen des Holzes ist der Wasserstoff vermindert worden, und diese Verminderung kann nur durch eine Absorption des Sauerstoffs bewirkt worden sein.

Man hat die Aushauchung der Kohlensäure während der Nacht mit der Aufnahme von Sauerstoffgas aus der Atmosphäre in Verbindung gebracht; allein auch zugestanden: es erzeugt sich in Folge der Einsaugung von Sauerstoff Kohlensäure, — die Hauptmasse der von den Pflanzen

¹⁾ Wenn bei Ueberschwemmungen durch das Austreten von Flüssen die Wohnungen unter Wasser gesetzt werden, zeigt sich diese Eigenschaft des Holzes als eine Ursache tödtlicher Krankheiten. Nach dem Ablaufe des Wassers bleibt alles Holz der Wohnhäuser mit Wasser durchdrungen zurück, was nur sehr langsam verdunstet. In dem feuchten Zustande ist das Holz ein wahrer Sauerstoffsauger; die Luft in den Räumen, wo sich Menschen und Thiere aufhalten, wird aber nicht allein ihres Sauerstoffs beraubt, sondern es häuft sich darin kohlen-saures Gas an, was in einem gewissen Verhältnisse (7 bis 8 Proc.) eine direct verderbliche Wirkung ausübt.

im Dunkeln ausgehauchten Kohlensäure lässt sich doch nicht durch eine solche Oxydation erklären; die Erklärung muss in anderer Weise versucht werden.

Die von den Blättern, von den Wurzeln mit dem Wasser aufgenommene Kohlensäure wird mit der Abnahme des Lichtes nicht mehr zersetzt, sie bleibt in dem Saft gelöst, der alle Theile der Pflanze durchdringt: in jedem Zeitmomente verdunstet mit dem Wasser aus den Blättern eine ihrem Gehalte entsprechende Menge Kohlensäure.

Ein Boden, in welchem die Pflanzen kräftig vegetiren, enthält als eine nie fehlende Bedingung ihres Lebens, unter allen Umständen, eine gewisse Quantität Feuchtigkeit, nie fehlt in diesem Boden kohlen-saures Gas, gleichgültig, ob es von demselben aus der Luft aufgenommen, oder durch die Verwesung von Vegetabilien erzeugt wird; kein Brunnen- oder Quellwasser, nie ist das Regenwasser frei von Kohlensäure; in keinerlei Perioden des Lebens einer Pflanze hört das Vermögen der Wurzel auf, Feuchtigkeit und mit derselben Luft und Kohlensäure einzusaugen.

Kann es nun auffallend sein, dass diese Kohlensäure mit dem verdunsteten Wasser von der Pflanze an die Atmosphäre unverändert wieder zurückgegeben wird, wenn die Ursache der Fixirung des Kohlenstoffs, wenn das Licht fehlt?

Diese Aushauchung von Kohlensäure hat mit dem Assimilationsprocesse nichts zu thun, sie ist ein rein mechanischer Process. Ein Docht von Baumwolle, den man in eine Lampe eintaucht, welche eine mit Kohlensäure gesättigte Flüssigkeit enthält, wird sich gerade so verhalten, wie eine lebende Pflanze in der Nacht, Wasser und Kohlensäure werden durch Capillarität aufgesaugt, beide verdunsten ausserhalb an dem Dochte wieder ¹⁾.

Pflanzen, welche in einem feuchten, an Humus reichen Boden leben, werden in der Nacht mehr Kohlensäure aushauchen als andere an trockenen Standörtern, nach dem Regen mehr als bei trockner Witterung; alle diese Einflüsse erklären die Menge von Widersprüchen in den Beobachtungen, die man in Beziehung auf die Veränderung der Luft durch lebende Pflanzen oder durch abgeschnittene Zweige davon, bei Abschluss des Lichtes oder im gewöhnlichen Tageslichte gemacht hat: Widersprüche, welche keiner Beachtung werth sind, da sie nur Thatsachen feststellen, ohne die Frage zu lösen.

Es giebt aber noch andere entscheidende Beweise, dass die Pflanzen mehr Sauerstoff an die Luft abgeben; als sie überhaupt derselben entziehen; Beweise, die sich ohne besondere Vorrichtungen an den Pflanzen, welche unter Wasser leben, mit Sicherheit führen lassen.

¹⁾ Boucherie sah aus einem frisch abgeschnittenen Strunk eines im Saft stehenden Baumes einen ungeheuren Strom von Kohlensäure sich ergiessen, welche offenbar durch die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen worden war (Dumas, Leçon p. 17).

Wenn die Oberfläche von Teichen und Gräben, deren Boden mit grünen Pflanzen bedeckt ist, im Winter gefriert, so dass das Wasser von der Atmosphäre völlig durch eine Schicht klaren Eises abgeschlossen ist, so sieht man während des Tages und ganz vorzüglich während die Sonne auf das Eis fällt, unaufhörlich kleine Luftbläschen von den Spitzen der Blätter und kleineren Zweigen sich lösen, die sich unter dem Eise zu grossen Blasen sammeln; diese Luftblasen sind reines Sauerstoffgas, was sich beständig vermehrt; weder bei Tage, wenn die Sonne nicht scheint, noch bei Nacht lässt sich eine Verminderung beobachten. Dieser Sauerstoff rührt von der Kohlensäure her, die sich in dem Wasser befindet und in dem Grade wieder ersetzt wird, als sie die Pflanzen hinwegnehmen; sie wird ersetzt durch fortschreitende Fäulnisprocesse der abgestorbenen Pflanzenüberreste. Wenn demnach diese Pflanzen Sauerstoff während der Nacht einsaugen, so kann seine Menge nicht mehr betragen, als das umgebende Wasser aufgelöst enthält, denn der in Gasform abgeschiedene wird nicht wieder aufgenommen¹⁾.

H. Davy schnitt von einer Wiese ein Stück Rasen von vier Zoll im Quadrat und legte es in eine Porzellanschale, die in einem weiten Gefässe auf Wasser schwamm. Durch eine tubulirte Glasglocke, die er über das Ganze stürzte, sperrte er die äussere Luft von dem Grase völlig ab. Der Rasen wurde durch den Tubulus der Glocke von Zeit zu Zeit befeuchtet, und dem Wasser, worauf die Schale mit dem Rasen schwamm, von Zeit zu Zeit etwas mit Kohlensäure gesättigtes Wasser zugesetzt.

Das Gras vegetirte also in einem abgesperrten bekannten Volumen Luft (230 Cubikzoll), was eine gewisse Menge gasförmige Kohlensäure enthielt. Bei dem Aussetzen dieser Vorrichtung an das Licht zeigte sich nun, dass das Gasvolumen in der Glocke bei gewöhnlichem Tageslichte sich vergrösserte. Nach 8 Tagen betrug die Zunahme 30 Cubikzoll, und durch die Analyse fand sich, dass die Luft in der Glocke vier Procent Sauerstoff mehr enthielt, als die Luft ausserhalb (Agric. Chem. 5. Vorlesung).

Die Versuche zahlreicher anderer Forscher ergaben das gleiche Resultat. Stets assimiliren die Pflanzen am Tage durch Zersetzung der Kohlensäure bedeutend mehr Kohlenstoff als sie während der Nacht durch Sauerstoffzufuhr wieder verlieren. Bei den genauen Boussingault'schen Untersuchungen wurde in den Monaten Juli und August durch eine gleiche Oleanderblattfläche im Mittel 16mal mehr Kohlensäure zersetzt als in der Nacht durch Einsaugung von Sauerstoff sich bilden konnte.

Es ist eine neue Frage bezüglich der Nothwendigkeit einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre für die Vegetation. Diese Frage muss nach den vorhandenen Beobachtungen bejaht werden. Schon Saussure hatte

¹⁾ Nach den Versuchen Boussingault's (Compt. rend. T. LXI, p. 605) nimmt z. B. 1 Quadratmeter Oleanderblatt im Dunkeln nur die geringe Menge von 0,083 Liter Sauerstoff pro Stunde auf.

nachgewiesen, dass die Kohlensäurezersetzung durch die belichtete Pflanze nur in einem sauerstoffhaltigen Medium mit der gehörigen Energie geschehe, aber auch alle neueren Erfahrungen sprechen für die Unentbehrlichkeit des Sauerstoffes. Ohne Sauerstoff finden in der vegetabilischen Zelle die Plasmaströmungen nicht statt, functioniren weder die Wurzeln noch die oberirdischen Pflanzenorgane. Boussingault's Versuche, welche die Aneignung des Kohlenstoffes auch in einer sehr verdünnten Atmosphäre reiner Kohlensäure erwiesen¹⁾, widerlegen selbstverständlich nicht die Bethheiligung des Sauerstoffes beim pflanzlichen Lebensprocesse. Freilich sind die oben erwähnten Thatsachen auch alles, was wir wissen; welche besondere Rolle der Sauerstoff im Leben der Pflanze zu spielen berufen ist, ob ohne ihn sich gewisse nothwendige Stoffmetamorphosen nicht vollziehen können, ob er zum Auslösen von Spannkraften dient, die bestimmte pflanzliche Functionen zu unterhalten haben, darüber ist es unmöglich zur Zeit mehr als Vermuthungen zu äussern.

In dem Vorhergehenden ist der Beweis niedergelegt, dass der Kohlenstoff der Pflanzen aus der Atmosphäre stammt, und dass es die Kohlensäure der Atmosphäre ist, welche ihn liefert.

Ursprung und Verhalten des Humus.

Alle Pflanzen und Pflanzentheile erleiden mit dem Aufhören des Lebens zwei Zersetzungsprocesse, von denen man den einen Gährung oder Fäulniss, den anderen Verwesung nennt.

Die Verwesung ist ein langsamer Verbrennungsprocess; die verbrennlichen Bestandtheile des verwesenden Körpers verbinden sich mit dem Sauerstoffe der Luft.

Die Verwesung des Hauptbestandtheiles aller Vegetabilien, der Holzfaser, zeigt eine Erscheinung eigenthümlicher Art.

Mit Sauerstoff in Berührung, mit Luft umgeben, verwandelt sie nämlich den Sauerstoff in ein ihm gleiches Volumen kohlen-saures Gas; mit dem Verschwinden des Sauerstoffes hört die Verwesung auf.

Wird dieses kohlen-saure Gas hinweggenommen und durch Sauerstoff ersetzt, so fängt die Verwesung von Neuem an, d. h. der Sauerstoff wird wieder in Kohlensäure verwandelt.

Die Holzfaser besteht nun aus Kohlenstoff und den Elementen des Wassers; von allem Anderen abgesehen, geht ihre Verwesung vor sich, wie wenn man reine Kohle bei sehr hohen Temperaturen verbrennt, gerade so, als ob kein Wasserstoff und Sauerstoff mit ihr in der Holzfaser verbunden wäre.

¹⁾ In einer Kohlensäureatmosphäre von 170 Millimeter Druck zersetzte im Lichte ein kleines Blatt des Kirschchlorbeers, innerhalb 1 Stunde, 1 Cubikcentimeter Kohlensäure (Compt. rend. T. LX, p. 872).

Die Vollendung dieses Verbrennungsprocesses erfordert eine sehr lange Zeit; eine unerlässliche Bedingung zu seiner Unterhaltung ist die Gegenwart von Wasser; Alkalien befördern ihn, Säuren verhindern ihn, alle antiseptischen Materien, schweflige Säure, Quecksilbersalze und brenzliche Oele heben ihn gänzlich auf.

Die in Verwesung begriffene Holzfaser ist der Körper, den wir Humus nennen.

In demselben Grade, als die Verwesung der Holzfaser vorangeschritten ist, vermindert sich ihre Fähigkeit zu verwesen, d. h. das umgebende Sauerstoffgas in Kohlensäure zu verwandeln; zuletzt bleibt eine gewisse Menge einer braunen oder kohlenartigen Substanz zurück, die man Moder nennt; sie ist eines der Producte der Verwesung der Holzfaser. Der Moder macht den Hauptbestandtheil aller Braunkohlenlager und des Torfes aus. Bei Berührung mit Alkalien, Kalk, Ammoniak fährt die Verwesung des Moders fort.

In einem Boden, welcher der Luft zugänglich ist, verhält sich der Humus genau wie an der Luft selbst; er ist eine langsame, äusserst andauernde Quelle von Kohlensäure ¹⁾.

Um jedes kleinste Theilchen des verwesenden Humus entsteht, auf Kosten des Sauerstoffs der Luft, eine Atmosphäre von Kohlensäure.

In der Cultur wird, durch Bearbeitung auf Auflockerung der Erde, der Luft ein möglichst ungehinderter und freier Zutritt verschafft und so die Kohlensäurebildung aus dem Humus ausserordentlich begünstigt.

Es unterliegt zwar keinem Zweifel, dass die Pflanzen zu ihrer Entfaltung und ihrem Wachstume nicht der Kohlensäure des Bodens be-

¹⁾ In seinen Bestimmungen des Kohlensäuregehaltes der in der Ackererde enthaltenen Luft fand Boussingault:

| | | in 10000 Theilen | |
|---|----------------------------|------------------|---|
| Atmosphärische Luft enthält | 4 bis 5 Theile Kohlensäure | | |
| Luft aus | | | |
| Sandboden frisch gedüngt | 217 | " | " |
| Derselbe kurz nach Regen | 974 | " | " |
| Derselbe lange vorher gedüngt | 93 | " | " |
| Sehr sandig (Weinberg) | 106 | " | " |
| Sandig mit viel Steinen | 87 | " | " |
| Lehmiger } Untergrund des vorigen | 46 | " | " |
| Sandiger } | | | |
| Sandboden, lange vorher gedüngt (Spargel) . . . | 74 | " | " |
| Derselbe frisch gedüngt | 85 | " | " |
| Derselbe vor 8 Tagen gedüngt | 154 | " | " |
| Grube mit Holzerde | 364 | " | " |
| Muschelkalk lange vorher gedüngt | 87 | " | " |
| Derselbe (Luzerne) | 80 | " | " |
| Schwerer Thonboden (Topinambur) | 66 | " | " |
| Fruchtbar feucht (Wiese) | 179 | " | " |

dürfen¹⁾. — Bevor die Blätter (die grünen Pflanzentheile) entwickelt sind, können die Pflanzen den Kohlenstoff der Kohlensäure nicht assimiliren; aus den Reservestoffen des Samens und der überdauernden Pflanzentheile bilden sich aber die ersten pflanzlichen Aufnahmsorgane: die ersten Wurzeln und Blätter (beblätterte Stengel); sind Blätter einmal vorhanden, so genügt für die wachsende Pflanze die Kohlensäure der Luft vollkommen; Keimpflanzen, welche sich aus dem Samen in destillirtem Wasser entfalteten, erreichten ihre Ausbildung unter bedeutender Vermehrung ihres Kohlenstoffes, ohne dass den Wurzeln eine kohlenstoffhaltige Materie oder Kohlensäure dargeboten war: die nöthige Kohlensäure wurde nur aus der Atmosphäre durch die Blätter aufgenommen.

Steht es nun auch fest: eine Massenentwicklung der Pflanzen kann stattfinden, ohne dass den Wurzeln Kohlensäure oder eine kohlenstoffhaltige Materie dargeboten zu sein braucht, so ist doch ein Kohlensäuregehalt des Bodens, eine Aufnahme der Kohlensäure auch durch die Wurzeln nicht zu unterschätzen.

Wir wissen bei den Pflanzen nicht, welche Höhe und Stärke ihnen die Natur angewiesen hat, wir kennen nur das gewöhnliche Maass ihrer Grösse.

Als grosse werthvolle Seltenheiten sieht man in London und Amsterdam Eichbäume, von chinesischen Gärtnern gezogen, von anderthalb Fuss Höhe, deren Stamm, Rinde, Zweige und ganzer Habitus ein ehrwürdiges Alter erkennen lassen, und die kleine Teltower Rübe wird in einem Boden, wo ihr frei steht, so viel Nahrung aufzunehmen, als sie kann, zu einem mehrere Pfund schweren Dickwanst.

In einer gegebenen Zeit steht die Zunahme einer Pflanze an Masse im Verhältniss zu der Anzahl und der Oberfläche der Organe, welche bestimmt sind, Nahrung zuzuführen. Bei gleicher Oberfläche verhält sich in zwei Pflanzen die Zunahme wie die Zeiten der thätigen Aufsaugung. Die Nadelholzpflanzen, deren Oberfläche sich den grössten Theil des Jahres hindurch in Thätigkeit befindet, nehmen unter gleichen Bedingungen mehr auf als die Laubholzpflanzen, die ihre Blätter im Herbst verlieren. Mit jedem Blatte gewinnt die Pflanze einen Mund und Magen mehr.

Der Thätigkeit der Pflanzen, Nahrung aufzunehmen, wird nur durch Mangel eine Grenze gesetzt; ist sie im Ueberfluss vorhanden, und wird sie zur Ausbildung der vorhandenen Organe nicht völlig verzehrt, so kehrt dieser Ueberschuss nicht in den Boden zurück, sondern er wird in der Pflanze zur Hervorbringung von neuen Organen verwendet. Die fortdauernde und gestelgerte Zufuhr von Kohlensäure durch einen an

¹⁾ Neuere Versuche leugnen geradezu eine Aufnahme der Kohlensäure durch die Wurzeln und nehmen an, dieselbe geschehe einzig und allein durch die Blätter; diese Versuche sind jedoch noch nicht geeignet, wie solches später nachgewiesen werden soll, die Frage definitiv zu entscheiden.

Humus reichen Boden muss auf die fortschreitende Entwicklung der Pflanze den entschiedensten Einfluss äussern, vorausgesetzt, dass die übrigen Bedingungen zur Assimilation des Kohlenstoffs sich vereinigt finden.

Neben der vorhandenen Zelle entsteht eine neue; neben dem entstandenen Zweig und Blatt entwickelt sich ein neuer Zweig, ein neues Blatt; ohne Ueberschuss an Nahrung wären diese nicht zur Entwicklung gekommen.

Mit der Ausbildung, mit der Anzahl der Organe wächst in dem nämlichen Verhältnisse ihre Fähigkeit, Nahrung aufzunehmen und an Masse zuzunehmen, denn diese Fähigkeit nimmt im Verhältniss wie ihre Oberfläche zu.

Die ausgebildeten Blätter bedürfen zu ihrer eigenen Erhaltung der Nahrung nicht mehr; um als Organe fortzubestehen, haben sie ausschliesslich nur die Mittel nöthig, die Function zu unterhalten, zu der sie die Natur bestimmt hat, sie sind nicht ihrer selbst wegen vorhanden.

Wir wissen, dass diese Function in ihrer Fähigkeit besteht, die atmosphärischen Nahrungsstoffe nicht bloss aufzunehmen, sondern auch unter dem Einflusse des Lichtes, bei Gegenwart von Feuchtigkeit und den anderen Bedingungen, ihre Elemente sich anzueignen.

Diese Function ist unausgesetzt, von der ersten Entwicklung an, in Thätigkeit, sie hört nicht auf mit ihrer völligen Ausbildung.

Aber die neuen, aus dieser unausgesetzt fortdauernden Assimilation hervorgehenden Producte, sie werden nicht mehr für ihre eigene Entwicklung verbraucht, sie dienen jetzt zur weiteren Ausbildung des Holz- und Wurzelkörpers, zur Erzeugung von Knospen und Samen, sie speichern sich auf als Reservenahrung.

In der That, die ausgebildeten Blätter sind nur mehr die Stätten, wo Zellbildungsmaterial erzeugt wird; sie selbst vergrössern sich nicht mehr, sie nehmen nicht mehr an Gewicht zu.

Die Blätter eines im Münchener botanischen Garten stehenden Buchbaumes (*fagus sylvatica*) hatten schon vier Tage nach dem Verlassen der Knospenlage ihre normale Grösse erreicht und änderten ihr Gewicht nicht mehr. — 1000 Stück frische, gleichgrosse Blätter (*a*) wogen, gerade nachdem sie die Knospenlage verlassen, 32,62 Grm.; ungefähr einen Tag (Blätter *b*) und zwei Tage (Blätter *c*) später wogen sie 73,16 Grm. und 151,54 Grm.; das Gewicht von 1000 Stück der vier Tage alten, in ihrer Grösse völlig entwickelten Blätter (*d*) betrug 278,31 Grm. Von da an blieben Grösse und Gewicht der Buchenblätter während der ganzen übrigen Wachstumszeit sich so gut wie gleich: 1000 Blätter vom 18. Juli (Blätter *e*) hatten ein Gewicht von 263,2 Grm., 1000 Stück vom 15. October (Blätter *f*) ein solches von 271,9 Grm. (Zöller).

Um die normale Blattgrösse zu erreichen, mussten natürlich Stofftheilchen in die nicht ausgewachsenen Blätter eingeschoben werden; da aber, wie es scheint, die vorhandene Reservenahrung und die während der vier Tage gebildeten organischen Substanzen nicht ausreichten, so

wurden Wassertheilchen eingeschoben und diese erst später durch organische Substanztheilchen ersetzt. — 1000 Stück frische Blätter bestanden aus Grammen:

| | 16. Mai | 17. Mai | 18. Mai | 20. Mai | 18. Juli | 15. Oct. |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> |
| Trockensubstanz | 10,01 | — 15,90 | — 32,63 | — 60,00 | — 116,16 | — 117,53 |
| Wasser | 22,61 | — 57,26 | — 118,91 | — 218,31 | — 147,04 | — 154,33 |
| | <hr/> | | | | | |
| | 32,62 | — 73,16 | — 151,54 | — 278,31 | — 263,20 | — 271,86 |

Das Einschieben von Wassermolekülen und deren späterer Ersatz durch Theilchen organischer Substanz ist bemerkenswerth; man sieht, wie die Natur alle ihr zu Gebote stehenden Mittel in Anwendung bringt, um stets das Höchste zu leisten.

Der Gehalt der Buchenblätter an Trockensubstanz blieb, wenigstens vom 18. Juli an, unverändert; alles, was die Blätter bis zum Ende ihrer Wachstumszeit noch producirt, diente nicht mehr zu ihrer eigenen Ausbildung, sondern zu den anderen Zwecken der Pflanze. Ja es ist gewiss, dass schon sehr viel früher der constante Gehalt der Blätter an Trockensubstanz erreicht war und die Assimilationsproducte derselben anderweitig verwendet werden konnten.

Es ist zweifellos, je grösser der Nahrungsüberschuss, den die Pflanzen in der Luft und dem Boden finden, desto unausgesetzter können, unter sonst gleichen Umständen, die pflanzlichen Aufnahms- und Assimilationsorgane functioniren, desto vollkommener werden sie sich ausbilden und eine desto stärkere Zunahme an organischer Masse zeigt überhaupt die Pflanze. Von diesem Gesichtspunkte aus ist die Bedeutung des Humus im Boden nicht zu verkennen.

Die im Boden von den Pflanzen zurückgelassenen organischen Stoffe: die Wurzelausscheidungen, die alten Wurzeln der Graspflanzen, die Wurzeln der jährigen Gewächse, der Getreide- und Gemüsepflanzen, die im Herbste fallenden Blätter u. s. w. gehen unter dem Einflusse der Luft und Feuchtigkeit einer fortschreitenden Veränderung entgegen; indem sie der Fäulniss und Verwesung unterliegen, erzeugt sich aus ihnen Humus; sie gehen also in die Materie über, welche einer neuen Vegetation Kohlensäure zu liefern vermag. In diesen Rückständen empfängt der Boden im Ganzen an Kohlenstoff mehr wieder, als der verwesende Humus als Kohlensäure abgab.

Die Quelle des Humus im Boden sind demnach die abgestorbenen Pflanzentheile; diese bilden sich aber aus den atmosphärischen Nahrungstoffen, und der Ursprung des Humus muss daher gleichfalls von der Atmosphäre abgeleitet werden.

Im Allgemeinen erschöpft keine Pflanze in ihrem Zustande der normalen Entwicklung den Boden in Beziehung auf seinen Gehalt an Kohlenstoff; sie macht ihn im Gegentheil reicher daran. Wenn aber die Pflanzen den Boden an Kohlenstoff reicher machen, so ist klar, dass die-

jenige Menge, die wir in irgend einer Form bei der Ernte dem Boden nehmen, dass diese ihren Ursprung der Atmosphäre verdankt. Die einfache Betrachtung, dass das Wasser eines Brunnens in einem an Damm-erde und damit an verwesenden Pflanzenstoffen reichen Garten farblos und krystallhell ist und keine Humussäure oder ein humussaures Salz enthält, dass in dem Wasser unserer Wiesenquellen, Bäche und Flüsse, der an alkalischen Basen reichen Sauerlinge keine Humussäure nachweisbar ist, zeigt, dass die fruchtbare Gartenerde keine wirkliche Humussäure enthält, oder dass die letztere durch Vermittelung des Wassers nicht in die Pflanzen übergeht, dass also die frühere Ansicht über die Wirkungsweise des Humus auf einem Irrthume beruhte. Aus dem Gehalte des Wassers, was sich in einem Loche auf einer Wiese sammelt, an Kohlensäure und an den darin löslichen Basen, aus dem Gehalte der meisten Brunnenwasser an Kohlensäure geht die Wirkung des Humus und der verwesenden Pflanzenstoffe auf die Vegetation auf eine klare und unzweideutige Weise hervor. Alle diese Wasser sind ursprünglich Regenwasser gewesen, welches, durch den humushaltigen Boden wie durch ein Filter sickernd, die durch dessen Verwesung entstandene Kohlensäure aufnimmt; das Wasser empfängt durch diese Kohlensäure das Vermögen, gewisse Mineralien im Boden zu zersetzen und deren Bestandtheile löslich, verbreitbar und aufnehmbar für die Pflanzenwurzeln zu machen, und es übt diese Kohlensäure hierdurch einen mächtigen Einfluss auf die Fruchtbarkeit des Bodens aus.

Der Humus ernährt die Pflanze nicht dadurch, dass er im löslichen Zustande von derselben aufgenommen und als solcher assimiliert wird, sondern weil er eine langsame und andauernde Quelle von Kohlensäure darstellt, welche als das Lösungsmittel gewisser für die Pflanze unentbehrlicher Bodenbestandtheile und auch als Nahrungsmittel die Wurzeln der Pflanze, so lange sich im Boden die Bedingungen zur Verwesung (Feuchtigkeit und Zutritt der Luft) vereinigt finden, in vielfacher Weise mit Nahrung versieht.

Von der in den Poren der Ackerkrume enthaltenen Kohlensäure tritt unausgesetzt ein Theil an die äussere Luft durch Diffusion, und man versteht, dass Pflanzen, die mit ihren Blättern den Boden wie mit einer dichten Decke beschatten und dadurch den Wechsel der kohlensäurereichen Luftschicht unterhalb verlangsamen, in einer gegebenen Zeit mehr Kohlensäure vorfinden und durch ihre Blätter aufzunehmen vermögen, als solche, die für ihren Bedarf ausschliesslich auf die atmosphärische Luft angewiesen sind.

Der Humus enthält zuletzt, als der Rückstand verwesender Pflanzenstoffe, allen Stickstoff dieser Vegetabilien und stellt in Folge fortschreitender Zersetzung eine im Boden stets gegenwärtige Stickstoffquelle dar ¹⁾.

¹⁾ Wir werden später noch sehen, dass die Pflanze durch ihre Wurzeln organische Verbindungen aufzunehmen und zu verwenden im Stande ist. Diese

Der Ursprung und die Assimilation des Wasserstoffs.

Der Kohlenstoff aller Theile der Bestandtheile der Vegetabilien stammt von der Kohlensäure, aller Wasserstoff der stickstofffreien Materialien von dem Wasser.

Ein Kohlensäureatom besteht aus einer Gruppe von drei Atomen, eines derselben ist ein Kohlenstoffatom, die beiden anderen sind zwei Sauerstoffatome:



Kein Bestandtheil eines Pflanzengebildes enthält auf ein Kohlenstoffatom mehr wie zwei Atome eines anderen Elementes.

Alle stickstofffreien Bestandtheile der Vegetabilien, Oxalsäure, Weinsäure, Zucker, Amylon, Holzfaser u. s. w., sind entstanden in der lebendigen Pflanze unter Mitwirkung des Sonnenlichts aus der durch Wurzeln und Blätter aufgesaugten Kohlensäure, in Folge einer Ausscheidung ihres Sauerstoffs, an dessen Platz eine gewisse Menge Wasserstoff, aus dem Wasser, tritt. In der einfachsten Form ausgedrückt, ist der Traubenzucker ein Kohlensäureatom, in welches an die Stelle von einem Sauerstoffatom ein Wasserstoffatom getreten ist:



Der Traubenzucker enthält Kohlenstoff und die Elemente des Wassers genau in dem Verhältnisse wie im Wasser; eine ähnliche Zusammensetzung beobachten wir in dem Zellstoff, dem Rohrzucker, Gummi, Stärkemehl.

Die Zuckeratome haben eine ihnen eigene Form, sie lagern sich, indem sie krystallisiren, in Richtungen, welche durch eine chemische Kraft (Cohäsionskraft) bedingt sind, aber in der Bildung des Zellstoffs (der Cellulose), des Stärkemehls wirkt eine fremde Ursache mit, welche die Richtung der zwischen ihren Theilchen wirkenden Cohäsionskraft än-

Erfahrung wurde schon sehr früh gemacht und bis in die neueste Zeit bestätigt. Erst kürzlich noch hat Reinke (Bonner medic.-physik. Societät, Sitzung 17. Febr. 1873) darauf hingewiesen, dass die aus kleinen Samen sich entwickelnden chlorophyllfreien Keimpflanzen von *Corallorhiza innata*, welche in und unter der Decke abgefallener und sich zersetzender Blätter wachsen, sehr viele Stärke enthielten, dieselbe also von *Corallorhiza* offenbar aus den organischen Bestandtheilen ihrer Umgebung gebildet sein musste. So wahrscheinlich dieser Schluss auch ist, so unrichtig erscheint Reinke's weitere Behauptung: im gegebenen Falle hätte eine hochorganisirte Pflanze ihren Kohlenstoffbedarf aus dem Humus sich anzueignen vermocht, — es sei denn, dass man unter Humus alle möglichen organischen Substanzen begreift.

¹⁾ Dem Gewichtsverhältnisse nach ist C = 6, O = 8, H = 1. — Eine Substitution des Sauerstoffes in der Kohlensäure durch Wasserstoff ist sehr leicht möglich, wie dieses Kolbe und R. Schmitt schon im Jahre 1861 durch Darstellung der Ameisensäure direct aus der Kohlensäure erwiesen. (Annal. der Chemie Bd. 119, S. 253.)

derte; diese sind nicht mehr durch gerade Linien und ebene Flächen, wie die Zuckertheilchen, sondern durch krumme Linien begrenzt.

Es ist augenscheinlich, dass das Stärkemehl; der Zellstoff in der Reihe der organischen Verbindungen höher, d. h. von der Kohlensäure weiter entfernt stehen, als der Rohr- und Traubenzucker, welche in ihrer Form von unorganischen Körpern sich nicht unterscheiden.

Wir können mit Leichtigkeit das Stärkemehl, den Zellstoff durch gewöhnliche chemische Actionen in Traubenzucker, die höheren in eine niedere organische Verbindung überführen; aber nicht umgekehrt den Zucker in Stärkemehl verwandeln, weil hierbei eine Ursache mitwirken muss, welche ausserhalb der Organismen nicht wahrgenommen wird. Wir haben allen Grund zu glauben, dass aus dem Zucker das Gummi, der Zellstoff und das Stärkemehl in der Pflanze entstehen, dass sie einzelne Glieder einer Reihe sind, welche mit dem Kohlensäureatom beginnt; alle diese Verbindungen sind mehr oder weniger veränderte Kohlensäureatome.

Die Beziehungen dieser Stoffe zueinander sind von der grössten Einfachheit.

| | | | |
|---------------|---------|---|------------------------|
| Traubenzucker | enthält | . | $C_{12} H_{12} O_{12}$ |
| Zellstoff | " | . | $C_{12} H_{12} O_{12}$ |
| Rohrzucker | " | . | $C_{12} H_{11} O_{11}$ |
| Gummi | " | . | $C_{12} H_{11} O_{11}$ |
| Stärkemehl | " | . | $C_{12} H_{10} O_{10}$ |

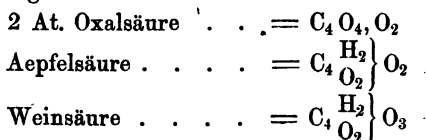
Man sieht in diesen Formeln auf den ersten Blick, dass Traubenzucker und Zellstoff, Rohrzucker und Gummi die nämlichen Elemente in denselben Verhältnissen enthalten, aber sie sind in anderen Richtungen gelagert, wodurch die Verschiedenheit ihrer Eigenschaften bedingt ist. Aus dem Traubenzucker kann in dem Lebensprocess Rohrzucker, Gummi, Stärkemehl gebildet werden durch Austreten von ein oder zwei Atomen Wasser. In dem Zellstoff, dem Stärkemehl und in dem Zucker ist der chemische Charakter, den die Kohlensäure als Säure besitzt, völlig verschwunden, aber wir finden in allen Pflanzen, in ihren Säften ohne eine Ausnahme, eine ganze Reihe von Verbindungen, welche den chemischen Charakter der Kohlensäure ungeschwächt an sich tragen, wie die Oxalsäure, Weinsäure, Aepfelsäure, Citronensäure, Aconitsäure, Maleinsäure etc.; sie sind mehrentheils krystallisirbar und stehen offenbar der Kohlensäure, als dem Anfangs- und Ausgangspunkte aller organischen Verbindungen, weit näher als dem Zucker.

Während der Zucker Kohlenstoff und die Elemente des Wassers enthält, bestehen diese Säuren aus Kohlenstoff, den Elementen des Wassers plus einer gewissen Menge Sauerstoff. Ihre Beziehungen zur Kohlensäure sind folgende: Die Oxalsäure enthält zwei Kohlenstoffatome und drei Sauerstoffatome, sie ist die einfachste und verbreitetste unter allen organischen Säuren und offenbar aus zwei Kohlensäureatomen entstanden durch Austreten von einem Atom Sauerstoff:

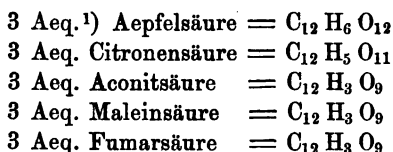


Die Oxalsäure kann in der That, wie jüngsthin die von Dr. Drechsel im Kolbe'schen Laboratorium ausgeführten Versuche bewiesen, mit Leichtigkeit durch Desoxydation der Kohlensäure gebildet werden.

Die Oxalsäure enthält wasserfrei gedacht keinen Wasserstoff, alle anderen organischen Säuren enthalten Wasserstoff. Man kann sich daher die anderen organischen Säuren in den Pflanzen gebildet denken aus Oxalsäure, zu deren Elementen sich einfach Wasserstoff hinzuaddirte, oder in welcher Wasserstoff an die Stelle von Sauerstoff trat. Auf erstere Weise, durch Hinzutreten von Wasserstoff zur Oxalsäure, bildete sich nach den Versuchen F. Schulze's und Kolbe's z. B. die Glycolsäure = $\text{C}_4 \text{H}_4 \text{O}_6$. Vergleicht man die Zusammensetzung der Aepfelsäure mit der der Oxalsäure, so ergibt sich, dass sie die Elemente zweier Oxalsäureatome enthält, aus denen zwei Sauerstoffatome aus und zwei Wasserstoffatome eingetreten sind:



Durch Austreten von Wasser oder seinen Elementen wird die Aepfelsäure zu Maleinsäure und Fumarsäure, die Citronensäure zu Aconitsäure, Säuren eigenthümlicher Natur, die sich direct aus Aepfelsäure und Citronensäure darstellen lassen:



Es ist leicht verständlich, dass die Aepfelsäure aus Weinsäure entstehen kann, indem die letztere in dem Lebensprocess 1 Aeq. Sauerstoff verliert; und wenn wir uns denken, dass zu 3 Aeq. Aepfelsäure 6 At. Wasserstoff aus 6 At. zersetztem Wasser treten, so haben wir die Zusammensetzung des Traubenzuckers.

Wie man leicht bemerkt, stellen diese organischen Säuren eine und dieselbe Reihe mit dem Zucker und dem Stärkemehl dar, es sind die Uebergangsglieder der Kohlensäure in Zucker, sowie dieser oder das Gummi ein Uebergangsglied der Kohlensäure in Stärkemehl ist.

Unter allen Umständen werden von der Oxalsäure aufwärts die organischen Körper in dem Lebensprocess gebildet aus Wasser und Kohlensäure, welche gleichzeitig zersetzt werden; aus der Kohlensäure und aus

¹⁾ 1 Aequivalent einer Säure ist die Menge Säure, welche 1 Aeq. Metall-oxyd (MO) neutralisirt.

dem Wasser wird Sauerstoff ausgeschieden, von dem Wasserstoff des Wassers tritt eine gewisse Menge an die Stelle des aus der Kohlensäure ausgetretenen Sauerstoffs. Je mehr Sauerstoff aus dem Kohlensäureatom ausgetreten und je mehr Wasserstoff aus zersetztem Wasser an die Stelle des Sauerstoffs eingetreten ist, desto mehr entfernt sich die organische Verbindung in ihrer Zusammensetzung von der Kohlensäure; die an Sauerstoff reichen stehen der Kohlensäure näher wie die wasserstoffreichen und sauerstoffarmen; die flüchtigen sauerstofffreien Oele, wie Terpentinöl, Citronenöl u. s. w., stehen in der Reihe der organischen Verbindungen höher wie die fetten Säuren und fetten Oele.

Die in den Säften und Organen einer Pflanze vorhandenen organischen Verbindungen sind nicht zufällig entstanden, sondern ihre Bildung findet statt nach bestimmten einer jeden Pflanze eigenthümlichen Gesetzen, welche von der Pflanzenphysiologie und Pflanzenchemie aufgesucht und festgestellt werden müssen. Bis jetzt ist nur wenig von den Beziehungen bekannt, in welchen die in einer Pflanze vorkommenden Verbindungen zu einander stehen. In den unreifen Früchten sind die Säuren vorherrschend, welche mit dem Reifen verschwinden, während an ihrer Stelle Zucker, Pectin und Stärkemehl auftreten. In den unreifen Weintrauben finden wir Weinsäure, gegen die Reife hin Aepfelsäure¹⁾, welche in der vollkommen ausgebildeten Weintraube fehlt. Eine Aufeinanderfolge ist hier unverkennbar; es ist kaum zu bezweifeln, dass das Kohlenstoffatom im Zucker ein Bestandtheil der Weinsäure war; die letztere stellt ihrer Zusammensetzung nach Oxalsäure dar, welche zur Hälfte in Zucker übergegangen ist²⁾. Die chemische Zusammensetzung und die Aufeinanderfolge der in einem und demselben Pflanzentheile, in der Zeit der beginnenden Entwicklung bis zur Vollendung derselben, vorkommenden Verbindungen, die alle aus Kohlensäure entstanden und ihrer Natur und ihrem Verhalten nach sich immer weiter von der Kohlensäure entfernen, beweisen auf eine unwidersprechliche Weise, dass der Uebergang der Kohlensäure in einen Bestandtheil eines mit vitalen Kräften begabten Organs nicht sprungweise vor sich geht, sondern durch Zwischenglieder vermittelt wird, deren Vorhandensein die Erzeugung der zunächst

1) Ich habe das Vorkommen der Aepfelsäure in dem Saft der reifenden Weintraube zu bestätigen Gelegenheit gehabt. Desgleichen fand Erlenmeyer (Jahresb. f. Chemie 1866) in den unreifen Weintrauben neben nicht unerheblichen Mengen Aepfelsäure auch Glycolsäure. Dagegen war in den reifen Trauben keine Glycolsäure mehr enthalten. — Erhebliche Mengen von Glycolsäure kommen nach v. Gorup's Untersuchungen (Ann. der Chemie, Bd. 161, S. 225) auch in den Blättern von *Ampelopsis hederacea* vor. Jedoch gilt dieses, nach einer neuern Mittheilung v. Gorup's (Sitzungsber. d. Erlanger med.-phys. Soc. 1873) nur für die gegen Ende des Sommers gesammelten Blätter; in solchen, welche Anfangs Juli abgenommen wurden, fanden sich weder Glycolsäure noch Traubenzucker. Der Saft der Beeren des wilden Weins enthielt keine Glycolsäure, dagegen zeigten die Beeren, ebenso wie die Blätter, einen Gehalt an Brenzkatechin. 2) $C_{12} \begin{smallmatrix} H_{12} \\ O_{12} \end{smallmatrix} \} + 6 C_2 O_3 = 6 \text{ Aeq. Weinsäure.}$

und zuletzt gebildeten Verbindung bedingt¹⁾. Für eine jede dieser Verbindungen scheinen gewisse innere und äussere Bedingungen, Sonnen-

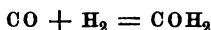
¹⁾ Es kann nicht geleugnet werden, die schon von H. Davy ausgesprochene Ansicht: die chemische Substanz der Kohlenhydrate erzeuge sich unmittelbar aus Kohlensäure und Wasser unter Sauerstoffabscheidung, lässt an Einfachheit nichts zu wünschen übrig, und es ist daher erklärlich, dass man diese Ansicht zu stützen suchte.

Man hat für die directe Bildung der Kohlenhydrate das bedeutende Produktionsvermögen der Blätter für diese Stoffe betont. In der That constatirte z. B. Boussingault in Lindenblättern, welche die Erscheinung des Honigthauens zeigten, eine so starke Zuckerbildung, dass während eines einzigen Julitages 2 bis 3 Kilo Honigthau von ungefähr 120 Quadratmetern Lindenblattfläche abgesondert wurden; und Zöller fand, dass auf der Oberfläche von 100 Theilen frischer Blätter der Traubenkirsche, in Folge des Honigthauens, 2 bis 3 Theile Zucker (Dextrin, Asche und geringe Mengen Eiweiss enthaltend) vorhanden waren; wurden die Blätter von den Zuckerüberzügen befreit, so erneuerten sich die letzteren fortwährend. Allein hierdurch ist ein vollgültiger Beweis für eine unmittelbare Bildung der Kohlenhydrate ebensowenig erbracht, als durch die Versuche von Kraus, Famitzin u. A., welche Forscher in der chlorophyllhaltigen Zelle einer im Dunkeln befindlichen und dadurch von ihrer organisirten Stärke befreiten Pflanze die Bildung von Stärkekörnern unter Sauerstoffabscheidung und Gewichtszunahme beobachteten, sobald die Pflanze wieder dem Lichte ausgesetzt worden war. In diesem Falle haben wir es offenbar nicht sowohl mit einer directen Bildung von Stärkesubstanz aus Kohlensäure und Wasser, als vielmehr mit einem Organisationsvorgange, mit der Entstehung von Stärkekörnern aus bereits in den Zellen vorhandener organischer Substanz zu thun. Im ersteren Falle aber ist, trotz der Massenhaftigkeit der Zuckerbildung in den Blättern, die Möglichkeit der allmählichen Heranbildung der Kohlenhydrate um so weniger ausgeschlossen, als man annehmen muss: die Zwischenproducte werden im Maasse ihrer Bildung in die Endproducte des pflanzlichen Stoffwechsels umgewandelt. Den Bildungsprocess in der Pflanze sich so vorzustellen, dass in einer Phase desselben die Zwischenproducte gebildet und angehäuft, in der andern Phase diese aber in Kohlenhydrate verwandelt und verwendet würden, ist schon aus physiologischen Gründen unstatthaft, ganz abgesehen davon, dass die Untersuchung der Blätter in ihren verschiedenen Wachstumsstadien (Zöller, Rissmüller) ergab: eine Anhäufung von Assimilationsproducten findet unter normalen Verhältnissen in den Blättern nicht statt.

Vom chemischen Standpunkte hat man die Art und Weise des Vorganges der unmittelbaren Bildung der Kohlenhydrate aus Kohlensäure und Wasser in der belichteten, chlorophyllhaltigen Zelle gleichfalls erörtert und wir theilen in dieser Beziehung die bemerkenswerthe Ansicht A. Baeyer's (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. III, S. 66) mit. Indem sich Baeyer den Traubenzucker als durch Condensation von 6 Molekülen Formaldehyd unter Wasseraustritt entstanden¹⁾ denkt, äusserte er sich über den genannten Punkt wie folgt: „Die gewöhnliche Annahme über die Bildung des Zuckers und der verwandten Körper in der Pflanze ist die, dass die Kohlensäure in den grünen Theilen unter Einwirkung des Lichtes reducirt und durch eine allmähliche Synthese in Zucker übergeführt wird. Die Zwischenglieder hat man in den organischen Säuren gesucht; der Ameisensäure, Oxalsäure, Weinsäure u. s. w., die man allerdings als Reductionsproducte der Kohlensäure auffassen kann. Nach dieser Ansicht müsste also in den Momenten, wo die Pflanze am stärksten reducirt, d. h. bei der Einwirkung der Sonnenstrahlen auf grüne Blatttheile eine starke Anhäufung von Säuren stattfinden, die dann allmählich erst dem Zucker Platz

licht, Feuchtigkeit und Wärme, nothwendig und maassgebend zu sein, so dass der organische Zersetzungsprocess, wenn diese Bedingungen fehlen

machen könnten. Meines Wissens ist dies nicht beobachtet worden, und wenn man bedenkt, dass in der Pflanze unter allen Umständen Zucker und die Anhydride desselben entstehen, dass das Vorkommen der Säuren aber je nach den Arten der Pflanzen, ihren besonderen Theilen und nach ihrem Alter ein verschiedenes ist, so gewinnt die schon öfters ausgesprochene Ansicht an Wahrscheinlichkeit, dass der Zucker sich direct aus der Kohlensäure bildet. Die Entdeckung von Butlerow giebt hierzu den Schlüssel, und es ist eigentlich zu verwundern, dass sie bisher von den Pflanzenphysiologen noch so wenig ausgebeutet ist. Man hat vielfach auf die Aehnlichkeit hingewiesen, welche zwischen dem Blutfarbstoff und dem Chlorophyll der Pflanzen existirt. Darnach muss es auch als wahrscheinlich erscheinen, dass das Chlorophyll ebenso wie Hämoglobin Kohlenoxyd (CO) bindet. Wenn nun Sonnenlicht Chlorophyll trifft, welches mit Kohlensäure (CO₂) umgeben ist, so scheint die Kohlensäure dieselbe Dissociation wie in hoher Temperatur zu erleiden, es entweicht Sauerstoff und das Kohlenoxyd bleibt mit dem Chlorophyll verbunden. Die einfachste Reduction des Kohlenoxyds ist die zum Aldehyd der Ameisensäure, es braucht nur Wasserstoff aufzunehmen:



und dieser Aldehyd kann sich unter dem Einfluss des Zelleninhaltes ebenso wie durch Alkalien in Zucker verwandeln. In der That, man hätte Mühe, nach der anderen Ansicht durch allmählichen Aufbau so einfach zu dem Ziele zu gelangen! Das Glycerin könnte ferner durch Condensation von drei Molekülen und Reduction des gebildeten Glycerinaldehyds entstehen.

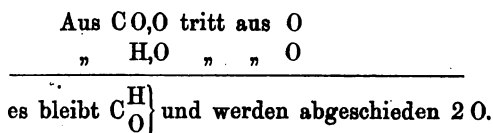
Die Bildung des Zuckers auf einem anderen, umständlicheren Weg bleibt übrigens hierdurch nicht ausgeschlossen, und es könnte sehr wohl sein, dass auch die Pflanzensäuren unter Umständen in diese Substanz übergeführt werden, die in tausend wechselnden Formen den Körper der Pflanze aufbauen hilft.

In welcher Weise der Zellinhalt condensirend auf den Aldehyd der Ameisensäure wirkt, lässt sich vor der Hand gewiss nicht verfolgen, indessen kann man doch annehmen, dass der gebildete Zucker zunächst mit ihm verbunden bleibt und später erst je nach den Umständen als Cellulose, Stärke, Zucker oder Glukosid abgespalten wird. Dafür spricht wenigstens die Entwicklungsgeschichte der Schleimpilze, bei denen in einem gewissen Stadium aus der Zellinhalt ähnlichen Masse plötzlich eine grosse Menge von Cellulose abgespalten wird. In dieser Beziehung würde es sehr interessant sein, die Schleimpilze in verschiedenen Perioden ihres Lebens chemisch zu untersuchen und zu sehen, ob sie entweder freien Zucker oder freie Anhydride enthalten, oder ob man aus der Masse durch chemische Agentien in derselben Weise Zucker oder Cellulose abspalten kann, wie dies auf dem natürlichen Wege ihres Entwicklungsprocesses geschieht."

Dagegen haben die Versuche von Zöller bewiesen (Sitzungsber. der Erlanger physik.-med. Societät 1871, S. 97, Journal f. Landw. 1871, S. 284), dass in Wirklichkeit die Pflanzenzellen das Vermögen besitzen, die Pflanzensäuren in Kohlenhydrate, in Stoffe von complicirterer Zusammensetzung überzuführen. Zöller fand nämlich, dass Pilzsporen, welchen keine andere Kohlenstoffquelle als Essigsäure (oder Aepfelsäure) in einer wässerigen, die Aschenbestandtheile und Ammoniak enthaltenden Lösung dargeboten war, unter erheblicher Massenzunahme sich entwickelten. Die Schimmelvegetation entnahm der Nährstofflösung z. B. die Essigsäure vollständig und bildete aus deren Kohlenstoff-

oder nicht zusammenwirken, unvollendet oder in gewissen Grenzen eingeschlossen bleibt; die inneren Bedingungen sind Bestandtheile, welche der Boden dem Pflanzenorganismus darbieten und liefern muss.

Die Hauptmasse aller Vegetabilien besteht aus Verbindungen, welche, wie Holzfaser, Stärkemehl, Zucker etc., Kohlenstoff und die Elemente des Wassers enthalten. Die Kohlensäure enthält in 22 Gewichtstheilen 6 Thle. Kohlenstoff (= C) und 16 Thle. Sauerstoff (= 2 O), das Wasser enthält in 9 Thln. 1 Thl. Wasserstoff (= H) und 8 Thle. Sauerstoff (= O). Es ist klar, dass zur Entstehung einer Verbindung, welche Kohlenstoff und die Elemente des Wassers enthalten soll, aus 22 Kohlensäure, die Hälfte, und aus dem Wasser, dessen ganzer Gehalt an Sauerstoff austreten muss, zusammen 16 Gewichtstheile Sauerstoff:



Man kann hieraus leicht berechnen, dass eine Fläche Land, welche in den darauf wachsenden Pflanzen in der Form von Holzfaser, Stärkemehl und ähnlich zusammengesetzten Producten, 10 Centner Kohlenstoff aus Kohlensäure verdichtet, 2666 Pfund (1 Pfund = $\frac{1}{2}$ Kg) reines Sauerstoffgas entsprechend über 900 cbm Sauerstoff an die Atmosphäre zurückgeben muss. Man kann annehmen, dass ein Stück Wiese, Wald, oder überhaupt cultivirtes Land, auf welchem 10 Ctr. Kohlenstoff in der Form von Holz, Gras, Blättern etc. geerntet werden, die ganze Sauerstoffmenge wieder ersetzt, welche durch 10 Ctr. Kohlenstoff bei deren Verbrennung in der Luft oder durch den Respirationsprocess der Thiere verzehrt wird.

Der Assimilationsprocess in seiner einfachsten Form stellt sich mithin dar als eine Aufnahme von Wasserstoff aus dem Wasser und von Kohlenstoff aus der Kohlensäure, in Folge welcher aller Sauerstoff des Wassers und aller Sauerstoff der Kohlensäure, wie bei der Bildung der

gehalte: Cellulose, lösliche Kohlenhydrate, Fett, Eiweisskörper. Bemerkenswerth bei diesen Versuchen war die Bildung amidartiger Verbindungen durch die Vegetation; so in der Aepfelsäure-Nährstofflösung die des Asparagins. — Der Assimilationsprocess in den chlorophyllfreien Zellen des Schimmels verläuft aber, nach den erwähnten Versuchen, in anderer Weise als in den chlorophyllhaltigen, vom Lichte getroffenen Zellen. Hier geht die Desoxydation unter Sauerstoffausscheidung vor sich, während in den Zellen des Schimmels sich von den organischen Säuren Kohlensäure (und Wasser) abtrennen: die in der Nährflüssigkeit des Schimmels rückständigen Basen waren in Carbonate verwandelt, Boden und Wandungen der Vegetationsgefässe mit kohlensaurem Kalk dicht überzogen. Selbstverständlich war bei Ausführung der Versuche Sorge getragen, dass ein Eintreten der äusseren Kohlensäure in die Vegetationsgefässe unmöglich war.

sauerstofffreien Oele etc., oder nur ein Theil dieses Sauerstoffs abgeschieden wird.

Unter diesem Gesichtspunkte stellt sich der Lebensprocess dar als der Gegensatz des chemischen Processes in der Salzbildung. Kohlensäure, Wasser und Zink z. B., mit einander in Berührung, üben eine bestimmte Wirkung auf einander aus, unter Abscheidung von Wasserstoff entsteht eine weisse, pulverförmige Verbindung, welche Kohlensäure, Zink und den Sauerstoff des Wassers enthält. In dem Organismus der Pflanze vertreten die belebten anziehenden Theile derselben das Zink, es entstehen, unter Ausscheidung von Sauerstoff, Verbindungen, welche die Elemente der Kohlensäure und den Wasserstoff des Wassers enthalten.

Die Verwesung ist im Eingange als der grosse Naturprocess bezeichnet worden, in welchem die Pflanze den Sauerstoff an die Luft wieder abgiebt, den sie im lebenden Zustande von derselben nahm. In der Entwicklung begriffen, hat sie Kohlenstoff in der Form von Kohlensäure und Wasserstoff aufgenommen, unter Abscheidung des Sauerstoffs des Wassers und einem Theile oder allem Sauerstoffe der Kohlensäure. In dem Verwesungsprocess wird genau die dem Wasserstoffe entsprechende Menge von Wasser durch Oxydation auf Kosten der Luft wieder gebildet; aller Sauerstoff der organischen Materie kehrt in der Form der Kohlensäure zur Atmosphäre zurück. Nur in dem Verhältnisse also, in welchem die verwesenden Materien Sauerstoff enthalten, können sie in dem Acte der Verwesung Kohlensäure entwickeln, die Säuren mehr als die neutralen Verbindungen; die fetten Säuren, Harz und Wachs, erhalten sich in dem Boden Jahrhunderte lang ohne bemerkbare Veränderung.

Die Sauerstoffausscheidung aus dem Wasser und der Kohlensäure geschieht in der Pflanze unter dem Einflusse des Sonnenlichtes.

Ohne Sonnenlicht nimmt die Pflanze an Masse nicht zu; der belebte Keim, das grüne Blatt verdanken ihr Vermögen, die irdischen Elemente in belebte Kräfte äussernde Gebilde umzuwandeln, der ausserirdischen Sonne.

Der Keim entwickelt sich unter der Erde auch ohne Mitwirkung des Sonnenlichtes, aber erst durch die Sonnenstrahlen empfängt er, wenn er die Erde durchbrochen hat, das Vermögen, die unorganischen Nahrungsmittel in Theile seiner selbst zu verwandeln; aber die leuchtenden und wärmenden Strahlen der Sonne, indem sie Leben verleihen, verlieren ihre Wärme, sie verlieren von ihrem Lichte, und wenn durch ihre Kraft die Kohlensäure, das Wasser zersetzt werden, so ruht diese jetzt in den im Organismus erzeugten Producten.

Die Wärme, womit wir unsere Wohnräume erwärmen, ist Sonnenwärme; das Licht, womit wir sie beleuchten, ist von der Sonne geliehenes Licht.

In dem Thierkörper, in den Verbrennungs- und Verwesungsprocessen nehmen die Producte des Pflanzenlebens den bei ihrer Bildung aus Koh-

lensäure und Wasser abgeschiedenen Sauerstoff wieder auf, ihr Wasserstoff wird wieder zu Wasser, ihr Kohlenstoff wieder zu Kohlensäure, und nach dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft muss dieselbe Kraftgrösse, die zur Bildung der kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Pflanzengebilde verwendet und von der Sonne gespendet wurde, wieder zur Aeusserung kommen, wenn die Elemente dieser Gebilde in die ursprünglichen Verbindungen zurückverwandelt werden, aus denen sie entstanden sind.

Die Kraft, welche durch die Oxydation entsteht, ist im Wesentlichen nichts anderes als die verlorene Bewegungskraft des Sauerstoffes, der zur Oxydation gedient hat. Indem der Sauerstoff durch das Brennmaterial, durch die verbrennlichen Elemente der Nahrungsmittel chemisch gebunden wird, verliert er von seiner Bewegungskraft und diese äussert sich dann als Wärme und Arbeitskraft.

Je sauerstoffreicher also die Verbindungen sind, welche den Pflanzen ihre verbrennlichen Elemente liefern, desto mehr Sonnenkraft wird bei der Bildung der organischen Pflanzenbestandtheile verwendet und für unsere Zwecke aufgespeichert, und in dieser Hinsicht ist es bedeutungsvoll, dass die wichtigsten Nahrungsmittel der Gewächse, die Kohlensäure und das Wasser, die sauerstoffreichsten der in der Natur vorkommenden Verbindungen sind.

Der Ursprung und die Assimilation des Stickstoffs¹⁾.

In dem humusreichsten Boden kann die Entwicklung der Vegetabilien nicht gedacht werden ohne das Hinzutreten von Stickstoff oder einer stickstoffhaltigen Materie.

¹⁾ Auf gleiche Weise wissen wir nicht, woher der Stickstoff der Pflanzen kommt, man hat nicht finden können, dass sie ihn aus der Luft aufnehmen; es bleibt daher für diese Bestandtheile nur übrig, dass sie die Pflanzen aus dem mit der Erde vermischten Moder (Humus) erhalten, welcher die Ueberreste anderer zerstörter organischer Stoffe ausmacht (Berzelius' Lehrbuch 1837).

„Herr Liebig, der nur dem Ammoniak oder seinen Salzen (oder der Salpetersäure) die Uebertragung des Stickstoffs auf die Pflanze zuschreibt, sagt, dass dasselbe immer im destillirten Wasser enthalten sei.“ — Wir werden die Nützlichkeit des Ammoniaks als Bestandtheil des Düngers, Mergels, Thons etc. nicht bestreiten, wir wollen nur sagen, dass es hauptsächlich verwendet wird, nicht um sich isolirt mit den Pflanzen zu verbinden, sondern als Auflösungsmittel des Humus und der im Boden und der Luft enthaltenen organischen Materien. — Um aber diese verschiedenen Quellen (Ammoniak und Salpetersäure) mitwirken zu lassen, müssen wir von der Erfahrung abgehen, indem noch keine Beobachtung bewiesen hat, dass die Pflan-

In welcher Form und wie liefert die Natur dem vegetabilischen Eiweiss, dem Kleber, den Früchten und Samen diesen für ihre Existenz durchaus unentbehrlichen Bestandtheil?

Auch diese Frage ist einer einfachen Lösung fähig, wenn man sich erinnert, dass Pflanzen zum Wachsen, zur Entwicklung gebracht werden können in Mischungen von ausgeglühter Erde mit Torfasche oder Kohlenpulver beim Begiessen mit Regenwasser.

Das Regenwasser kann den Stickstoff nur in der Form von aufgelöster atmosphärischer Luft oder in der Form von Ammoniak und Salpetersäure enthalten.

Wir haben keine Beweise für die Meinung, dass der Stickstoff der Atmosphäre als solcher Antheil an dem Assimilationsprocesse der Thiere oder Pflanzen nimmt, — gerade das Gegentheil wissen wir. Viele Pflanzen hauchen Stickstoff aus, den die Wurzeln in der Form von Luft oder aufgelöst im Wasser aufgenommen hatten. Ausserdem stellte Boussingault durch die in den fünfziger Jahren unternommenen zahlreichen Vegetationsversuche fest: der freie (unverbundene) Stickstoff der Atmosphäre ist kein Nahrungsstoff für die Pflanzen. — Boussingault säete Bohnen, Kresse, Hafer und Lupinen in einen ausgeglühten, aber mit Pflanzenasche gedüngten Boden (Bimssteinpulver!). Die sich entwickelnden Pflanzen waren umgeben von atmosphärischer Luft, die vollkommen ihres Ammoniak- und Salpetersäuregehaltes beraubt war; nur in einer Versuchsreihe (1854) mischt Boussingault der Luft noch Kohlensäure bei. Das Begiessen geschah mit reinem Wasser. Die Samen keimten und die Pflänzchen entwickelten sich und vegetirten unter den angegebenen Verhältnissen mehrere Monate hindurch. Das Gewicht der trockenen Ernte betrug ein Mehrfaches — Anderthalb- bis Vierfaches — vom Gewichte der Samen-Trockensubstanz, allein die Gewichtsvermehrung bezog sich nicht auf die stickstoffhaltigen Bestandtheile. Der Stickstoffgehalt des gelegten Samens und der Ernte waren nur um minimale Grössen von einander verschieden; ja die Verschiedenheit neigte sich in den meisten Fällen auf die negative Seite hin, d. h. der Stickstoffgehalt der Ernte betrug etwas weniger als der des gepflanzten Samens.

Auf der andern Seite sprechen zahlreiche Erfahrungen, das ganze chemische Verhalten des Ammoniaks und der Salpetersäure dafür, dass diese beiden Körper die Nahrungsstoffe sind, welche den Pflanzen ihren Stickstoffgehalt liefern.

Das Ammoniak steht in der Mannigfaltigkeit der Metamorphosen, die es bei Berührung mit anderen Körpern einzugehen vermag, dem

zen unmittelbar Ammoniak oder Salpetersäure assimiliren. — „Dass die Pflanzen ihren Stickstoff beinahe gänzlich durch die Absorption der löslichen organischen Substanzen empfangen, geht aus den angeführten Beobachtungen hervor.“ — (Th. de Saussure, Bibliothèque universelle T. XXXVI, p. 430, auch Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 42, p. 275. 1842.)

Wasser, was sie in einem so eminenten Grade darbietet, in keiner Beziehung nach. In reinem Zustande im Wasser in hohem Grade löslich, fähig, mit allen Säuren lösliche Verbindungen zu bilden, fähig, in Berührung mit anderen Körpern seine Natur als Alkali gänzlich aufzugeben und die verschiedenartigsten direct einander gegenüberstehenden Formen anzunehmen: diese Eigenschaften finden wir in keinem andern stickstoffhaltigen Körper wieder.

Ameisensaures Ammoniak verwandelt sich durch den Einfluss einer höhern Temperatur in Blausäure und Wasser, ohne Abscheidung eines Elements; mit Cyansäure bildet das Ammoniak Harnstoff; mit ätherischem Senföl, Bittermandelöl eine Reihe krystallinischer Körper; mit dem krystallisirbaren bittern Bestandtheile der Wurzelrinde des Apfelbaums, dem Phloridzin, mit dem süßen des *Lichen dealbatus*, dem Orcin, mit dem geschmacklosen der *Roccella tinctoria*, dem Erythrin, verwandelt es sich bei Gegenwart von Wasser und Luft in prachtvoll blaue oder rothe Farbstoffe; sie sind es, welche als Lackmus, Orseille, künstlich erzeugt werden. In allen diesen Verbindungen hat das Ammoniak aufgehört, in der Form von Ammoniak zu existiren, in der Form eines Alkalis. Viele blaue Farbstoffe, welche durch Säuren roth, viele rothe, welche durch Alkalien blau werden, enthalten Stickstoff, aber den Stickstoff nicht in der Form einer Basis. Der Indigo ist eine Stickstoffverbindung.

Die organischen Basen, das Chinin der Chinarinde, das Morphin des Opiums, das Strychnin, das Nicotin des Tabacks etc. sind, wie die organische Chemie lehrt, unzweifelhaft aus dem Ammoniak entstanden, es sind dem Ammoniak analoge Verbindungen, entstanden in Folge der Vertretung von einem oder mehreren Wasserstoffatomen durch zusammengesetzte organische Radicale.

Die Salpetersäure kann unter den geeigneten chemischen Verhältnissen zahlreiche Umänderungen erleiden und die Bildung stickstoffhaltiger Körper veranlassen. Sie geht mit Leichtigkeit überall da, wo Wasserstoff aus seinen chemischen Verbindungen abgeschieden wird, in Ammoniak über.

Dieses Verhalten reicht allein nicht hin, um die Meinung zu rechtfertigen, dass das Ammoniak und die Salpetersäure es sind, welche den Vegetabilien den Stickstoff in ihren stickstoffhaltigen Bestandtheilen liefern.

Betrachtungen anderer Art geben nichtsdestoweniger dieser Meinung einen Grad der Gewissheit, der eine andere Form der Assimilation des Stickstoffs gänzlich ausschliesst.

Fassen wir in der That den Zustand eines wohlbewirthschafteten Gutes ins Auge, so haben wir darauf eine gewisse Summe von Stickstoff, die wir in der Form von Thieren, Menschen, Getreide, Früchten, in der Form von Thier- und Menschenexcrementen in ein Inventarium

gebracht uns vorstellen wollen. Das Gut wird bewirthschaftet ohne Zufuhr von Stickstoff in irgend einer Form von aussen.

Jedes Jahr nun werden die Producte dieser Oekonomie ausgetauscht gegen Geld und andere Bedürfnisse des Lebens, gegen Materialien, die keinen Stickstoff enthalten. Mit dem Getreide, mit dem Vieh führen wir aber ein bestimmtes Quantum Stickstoff aus, und diese Ausfuhr-erneuert sich jedes Jahr ohne den geringsten Ersatz durch die Hand des Menschen; in einer gewissen Anzahl von Jahren nimmt das Inventarium an Stickstoff noch überdies zu. Wo kommt, kann man fragen, der jährlich ausgeführte Stickstoff her?

Der Stickstoff in den Excrementen kann sich nicht reproduciren; die Erde kann keinen Stickstoff liefern, — sie enthält nur Stickstoff, welcher ihr von der Atmosphäre geliehen ist; es kann daher auch nur diese letztere sein, aus welcher die Pflanzen und in Folge davon die Thiere ihren Stickstoff schöpfen.

Die letzten Producte der Fäulniss und Verwesung stickstoffhaltiger thierischer Körper treten in zwei Formen auf, in den gemässigten und kalten Klimaten vorzugsweise in der Form der Wasserstoffverbindung des Stickstoffs, als Ammoniak, unter den Tropen am häufigsten in der Form seiner Sauerstoffverbindung, der Salpetersäure; der Bildung der letztern geht aber an der Oberfläche der Erde meistens die Erzeugung der erstern voran. Ammoniak ist das letzte Product der Fäulniss animalischer Körper, Salpetersäure ist das Product der Verwesung des Ammoniaks. Eine Generation von einer Milliarde Menschen erneuert sich alle dreissig Jahre; Milliarden von Thieren gehen unter und reproduciren sich in noch kürzeren Perioden. Wo ist der Stickstoff hingekommen, den sie im lebenden Zustande enthielten?

Keine Frage lässt sich mit grösserer Sicherheit und Gewissheit beantworten. Die Leiber aller Thiere und Menschen verwandeln nach dem Tode durch ihre Fäulniss allen Stickstoff, den sie enthalten, in Ammoniak. Selbst in den Leichen auf dem Kirchhofe des Innocens in Paris, 60 Fuss unter der Oberfläche der Erde, war aller Stickstoff, den sie in dem Adipocire zurückbehielten, in der Form von Ammoniak enthalten; es ist die einfachste, die letzte unter allen Stickstoffverbindungen, und es ist der Wasserstoff, zu dem der Stickstoff die entschiedenste, die überwiegendste Verwandtschaft zeigt. Das Ammoniak kann, wie angeführt, zu Salpetersäure verwesen, die Salpetersäure durch gewisse Reductionsprocesse wieder zu Ammoniak werden.

Aber das Ammoniak und die Salpetersäure bilden sich nicht bloss durch Fäulniss und Verwesung stickstoffhaltiger organischer Körper, sie erzeugen sich auch unter Bethheiligung des unverbundenen Stickstoffes der Luft und des Wasserdampfes bei zahlreichen anderen Vorgängen: bei Verdampfungen, bei Verbrennungen (Oxydationen), bei elektrischen Entladungen. (M. vergl. übrigens später.)

Das Ammoniak ist ein constanter Bestandtheil der Atmosphäre.

Die Ammoniakmenge der Luft ist äusserst wechselnd und zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten sehr ungleich.

So fand Horsford in 1 Million Gewichtstheilen Luft:

| | | |
|----------------------------------|-------|-------------------|
| 3. Juli | 42,99 | Gewthle. Ammoniak |
| 9. " | 46,12 | " " |
| 9. " | 47,63 | " " |
| 1. bis 20. September | 29,74 | " " |
| 11. October | 28,23 | " " |
| 14. " | 25,79 | " " |
| 30. " | 13,93 | " " |
| 6. November | 8,09 | " " |
| 10. bis 13. November | 8,09 | " " |
| 14. bis 16. " | 4,70 | " " |
| 17. Novbr. bis 5. Decbr. | 6,98 | " " |
| 20. bis 21. December | 6,98 | " " |
| 29. December | 1,22 | " " |

Nach den Bestimmungen Horsford's steht (in Boston, Nordamerika) der Ammoniakgehalt der Luft im geraden Verhältnisse zur Temperatur.

In 1 Million Gewichtstheilen Luft fanden:

| | | |
|--|-------|----------|
| de Porre (im Winter) | 3,5 | Ammoniak |
| Ville, 1850, Mittel | 23,73 | " |
| " " Maximum | 31,71 | " |
| " " Minimum | 17,76 | " |
| " 1851, Mittel | 21,10 | " |
| " " Maximum | 27,26 | " |
| " " Minimum | 16,52 | " |
| Kemp, Küste von Irland | 3,88 | " |
| Gräger, Mühlhausen, während 4 Regentagen | 0,33 | " |
| Fresenius, Wiesbaden } am Tage | 0,10 | " |
| (Aug. u. Sept. 1848) } bei Nacht | 0,17 | " |
| Bineau, Lyon (Observatorium), Min. | 0,15 | " |
| " " " Max. | 0,26 | " |
| Derselbe, Lyon, Quai de Ratz, Min. | 0,13 | " |
| " " " Max. | 0,54 | " |
| Derselbe, Tarare (Garten) | 0,06 | " |
| Derselbe, Caluire, Minimum | 0,02 | " |
| " " Maximum | 0,09 | " |

In der Atmosphäre kann das Ammoniak im freien Zustande nicht gedacht werden, da die Luft gleichzeitig Kohlensäure und Salpetersäure (salpetrige Säure) als constante Bestandtheile enthält; die Verbindungen

des Ammoniaks mit beiden Säuren sind aber leicht in Wasser löslich und man versteht, dass sich diese beiden Stickstoffverbindungen in der Atmosphäre nicht behaupten. Mit jeder Condensation des Wasserdampfes zu tropfbarem Wasser müssen sich das Ammoniak und die Salpetersäure verdichten, jeder Regenguss muss die Atmosphäre in gewissen Strecken von dem Ammoniak und der Salpetersäure befreien.

Die genauesten und mit aller Sorgfalt in meinem Laboratorium ausgeführten Versuche stellten den Ammoniakgehalt des Regenwassers ausser allen Zweifel; er war bis zur Zeit der Versuchsanstellung nur deshalb aller Beachtung entgangen, weil Niemand daran gedacht hatte, in Beziehung auf seine constante Gegenwart eine Frage zu stellen.

Alles Regenwasser, was zu diesen Versuchen genommen wurde, war etwa 600 Schritte südwestlich von der Stadt Giessen in einer Lage aufgefangen, wo die Richtung des Regenwindes nach der Stadt zugekehrt war.

Als man mehrere hundert Pfunde Regenwasser in einer reinen kupfernen Blase der Destillation unterwarf und die zuerst übergehenden Pfunde mit Zusatz von Salzsäure verdampfen liess, so bekam man nach gehöriger Concentration beim Erkalten eine netzförmige sehr erkennbare Krystallisation von Salmiak; stets waren die Krystalle braun oder gelb gefärbt.

Das Ammoniak fehlt eben so wenig im Schneewasser. Der Schnee enthält beim Beginne des Schneefalls ein Maximum von Ammoniak, und selbst in dem, welcher 9 Stunden nach dem Anfange des Schneiens gefallen war, liess sich das Ammoniak aufs Deutlichste nachweisen.

Jedermann kann sich auf die einfachste Weise von seinem Vorhandensein im Regenwasser überzeugen, wenn man frisch aufgefangenes Regenwasser in reinen Porzellanschalen, mit Zusatz von etwas Schwefelsäure oder Salzsäure, bis nahe zur Trockniss verdampfen lässt. Diese Säuren nehmen dem Ammoniak, indem sie sich damit verbinden, seine Flüchtigkeit; der Rückstand enthält Salmiak oder schwefelsaures Ammoniak, welches man mit Platinchlorid und noch viel leichter an dem durchdringend urinösen Geruche erkennt, welcher sich beim Zusatz von pulverigem Kalkhydrat entwickelt.

In einer Untersuchung des Regenwassers, welche der Autor in dem Jahre 1826 bis 1827 anstellte (*Annal. de chim. et de phys.* XXXV, 329) ergab sich durch die Analyse von 77 Regenwasserrückständen, dass 17 davon, die durch Verdampfung von Gewitterregenwasser erhalten worden waren, mehr oder weniger Salpetersäure enthielten. — Die späteren Untersuchungen über das Regenwasser haben dargethan, dass alles Regenwasser, der Thau u. s. w., Salpetersäure enthalten.

Zahlreiche Forscher haben in neuerer Zeit den Gehalt der atmosphärischen Niederschläge an Salpetersäure und Ammoniak genau bestimmt, und es sind sehr ausführliche Untersuchungen in dieser Richtung in Deutschland in den Jahren 1864 bis 1865, 1865 bis 1866,

1866 bis 1867 von verschiedenen landwirthschaftlichen Versuchsstationen Preussens angestellt worden.

Die vorliegenden Beobachtungen ergaben, dass der Gehalt des Regenwassers an Ammoniak und Salpetersäure, an verschiedenen Orten gesammelt, ungleich ist.

So waren in 1 l Regenwasser des Jahres 1865 (im Durchschnitte der zwölf Monatsbestimmungen) enthalten:

| | Ammoniak | Salpetersäure |
|---------------------|----------|---------------|
| In Regenwalde . . . | 2,42 | 2,49 mg |
| „ Dahme | 1,72 | 1,16 „ |
| „ Insterburg . . . | 1,06 | 1,63 „ |

Die Regenhöhe an den Versuchsorten betrug in Regenwalde 470,9 mm, in Dahme 433,8 mm, in Insterburg 504,7 mm.

Der Gehalt an Salpetersäure und Ammoniak im Regenwasser wechselt an demselben Orte und ist ungleich in den gleichen Monaten verschiedener Jahre.

1 l Regenwasser in Regenwalde enthielt:

| | Im Januar | | Im Februar | |
|------------|-----------|---------------|------------|---------------|
| | Ammoniak | Salpetersäure | Ammoniak | Salpetersäure |
| 1865 . . . | 2,700 | 5,350 mg | 7,050 | 5,860 mg |
| 1866 . . . | 2,972 | 1,362 „ | 1,954 | 0,661 „ |
| 1867 . . . | 2,180 | 2,056 „ | 1,360 | 1,998 „ |

| | Im Mai | | Im December | |
|------------|----------|---------------|-------------|---------------|
| | Ammoniak | Salpetersäure | Ammoniak | Salpetersäure |
| 1865 . . . | 6,700 | 2,891 mg | 22,116 | 4,742 mg |
| 1866 . . . | 3,010 | 2,660 „ | 2,010 | 2,781 „ |

Diese Unterschiede zeigten sich in allen Monaten der verschiedenen Jahre und nicht bloss im Regenwasser von Regenwalde, sondern auch in dem aller übrigen preussischen Versuchsorte. Man kann daher nicht von Ammoniak- und Salpetersäurebestimmungen, welche im Regenwasser des Decembers 1865 geschahen, auf den gleichen oder auch nur annähernd gleichen Gehalt des Decemberwassers irgend eines andern Jahres schliessen.

Im Winter ist das Regenwasser in der Regel reicher an Ammoniak als im Sommer.

Nach den im Jahre 1853 von Bineau auf dem Lyoner Observatorium angestellten Versuchen vertheilen sich auf 1 □ dm Fläche fallender Regenmengen und die darin enthaltenen Ammoniak- und Salpetersäuremengen in folgender Weise:

| | Auf 1 □ dm fiel Regenwasser | mg Ammoniak auf 1 □ dm | mg Salpetersäure auf 1 □ dm | mg Stickstoff im Ganzen auf 1 □ dm |
|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|
| Winter | 0,808 | 13,1 | 0,2 | |
| Frühling | 1,108 | 13,4 | 0,9 | |
| Sommer | 1,878 | 6,7 | 3,6 | |
| Herbst | 2,740 | 11,2 | 2,3 | |
| | 6,534 | 44,2 | 7,0 | 38,2 |

In den deutschen Versuchen enthielt 1 l Regenwasser im Jahre 1865 bis 1866:

| | | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------|--|
| in Ida-Marienhütte . . | { Sommer | = 2,14 mg Ammoniak; | |
| | { Winter | = 4,39 " " | |
| in Regenwalde . . . | { Sommer | = 1,76 " " | |
| | { Winter | = 3,63 " " | |
| in Dahme | { Sommer | = 1,47 " " | |
| | { Herbst ¹⁾ | = 3,08 " " | |
| in Lauersfort (1865) . | { Juni, Juli, August | = 1,64 " " | |
| | { Octob., Nov., Decbr. | = 3,66 " " | |
| in Regenwalde (1866/67) | { Sommer | = 2,55 " " | |
| | { Herbst ¹⁾ | = 4,85 " " | |

Während nach den Horsford'schen Bestimmungen der Ammoniakgehalt der Luft im geraden Verhältnisse zur Temperatur steht, scheint der des Regenwassers im umgekehrten Verhältnisse zu stehen. Im Sommer ist hiernach der Gehalt des Regenwassers an Ammoniak klein, der der Luft gross; in der kälteren Jahreszeit die Luft arm, der Regen und das Schneewasser reich an Ammoniak.

Die Tabelle der Bineau'schen Versuche ergibt, dass ein umgekehrtes Verhältniss besteht zwischen der Salpetersäure- und Ammoniakmenge im Regenwasser: ist der Salpetersäuregehalt darin erhöht, so ist die Ammoniakmenge vermindert. Ausserdem zeigt die Tabelle, dass das Regenwasser des Sommers mehr Salpetersäure und weniger Ammoniak, das des Winters mehr Ammoniak und weniger Salpetersäure enthält.

¹⁾ In Dahme enthielt im Winter 1865/66 1 l Regenwasser nur 0,67 mg Ammoniak; in Regenwalde im Winter 1866/67 nur 1,90 mg, also in beiden Fällen weniger, wie im Sommer.

Aehnliche Resultate lieferten die Versuche von Karmrodt in Lauersfort. An diesem Orte wurde von Mitte Mai bis Ende October 1865 auf 1 Aequivalent Ammoniak im Regenwasser stets 2,3 bis 2,9 Aeq. Salpetersäure gefunden, während im Regenwasser des Novembers und Decembers auf 1 Aeq. Ammoniak nur $\frac{1}{2}$ Aeq. Salpetersäure traf.

Die Bestimmungen der übrigen preussischen Versuchsstationen lassen die soeben angeführten Regelmässigkeiten viel weniger erkennen. Trotzdem unterliegt es keinem Zweifel: zwischen dem Salpetersäure- und Ammoniakgehalt des Regenwassers besteht eine bestimmte Beziehung. — Man kann nicht wohl voraussetzen, dass der active Sauerstoff eher aus dem Stickstoff der Luft, als aus dem weit verbrennlichern Ammoniak Salpetersäure bildet; man muss im Gegentheil behaupten, so lange noch Ammoniak in der Luft enthalten ist, wird dieses vorzugsweise durch den activen Sauerstoff oxydirt. Es muss ferner zugestanden werden, dass die Oxydationsprocesse bei einer höhern Temperatur überhaupt viel leichter vor sich gehen. Dieses beweisen die Salpeterlager der heissen Zone, die raschere Salpetersäurebildung in der heissern und die langsamere in der kältern Jahreszeit. In 20,2 l meteorischem Wasser, welches durch eine 292 mm hohe, mit Gras bepflanzte, ungedüngte Kalkbodenschicht (Gartenboden) gegangen war, zeigten sich im Sommerhalbjahr 1859 (vom 20. März bis 16. November) 1,125 g Salpetersäure, dagegen in den erhaltenen 13,5 l meteorischen Wassers des Winterhalbjahres (vom 16. November 1859 bis zum 12. April 1860) nur 0,025 g Salpetersäure (Zöller). In 1 l des Winterwassers waren also nur 1,8 mg Salpetersäure enthalten; in 1 l des Sommerwassers dagegen fanden sich 55 mg Salpetersäure. Man sieht hieraus, um wie viel rascher die Oxydationsprocesse in der heissern Zeit verlaufen.

Wenn daher das Ammoniak einzig und allein durch Fäulnisprocesse stickstoffhaltiger organischer Substanzen, und die Salpetersäure ausschliesslich durch Oxydation des Ammoniaks entstände, dann freilich würde das angeführte Verhältniss zwischen Ammoniak und Salpetersäure im Regenwasser sich wohl meistentheils in aller Reinheit ergeben. Nach dem Stande unserer heutigen Kenntnisse giebt es jedoch noch andere Bildungsweisen, sowohl des Ammoniaks als auch der Salpetersäure (m. vergl. später), und offenbar sind in dieser Beziehung unsere Kenntnisse noch lange nicht vollkommen.

Stammt aber der Ammoniak- und Salpetersäuregehalt der Luft aus verschiedenen Quellen, die in verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten ungleich stark fliessen, so wird, obgleich die Beziehungen zwischen activem Sauerstoff und Ammoniak unzweifelhaft bestehen, das oben betonte Verhältniss der beiden Stickstoffverbindungen im Regenwasser sich häufig genug nicht ausdrücken.

Wie man weiss, wechselt die jährlich fallende Regenmenge nach der Lage der Orte. Im Allgemeinen nimmt die Masse der atmosphärischen Niederschläge ab mit der Entfernung vom Meere und mit wachsen-

der Breite, und es steht die dem Boden in der Salpeteräure und dem Ammoniak zugeführte Stickstoffmenge meistens im Verhältniss zur Regenmenge. Aber auch in dieser Beziehung beobachtet man keine Regelmässigkeit. So fiel in der Mehrzahl der preussischen Versuche im Monat August das Maximum an Regen und damit das Maximum an Stickstoff. Während aber in Insterburg auf dieselbe Fläche im Winter um $\frac{1}{6}$ weniger Regen als im Sommer fiel, war in der kleinern Winterregenmenge nahe $\frac{1}{3}$ Stickstoff mehr als in der Regenmenge der wärmeren Jahreszeit. Bineau beobachtete ein ähnliches Verhältniss.

Die Stickstoffmenge, welche der Boden durch die atmosphärischen Niederschläge jährlich empfängt, ist an verschiedenen Orten und in verschiedenen Jahren ungleich.

Nach Bineau's Versuchen fielen auf 1 Hectare (1 Mill. □ dcm) in Lyon, 1853 im Ganzen 38,2 Kg Stickstoff, nach den preussischen Versuchen in Regenwalde

| | | | | | |
|---------|---|---|------|---|---|
| 1864/65 | " | " | 17,0 | " | " |
| 1865/66 | " | " | 11,6 | " | " |
| 1866/67 | " | " | 18,2 | " | " |
| 1867/68 | " | " | 15,6 | " | " |

Einen Begriff von der Menge und Ungleichheit des in den Städten und auf dem Lande gefallenen Regens an Ammoniak giebt die nachfolgende Tabelle.

| | Ammoniak | | Salpetersäure Kg pr. Hectare |
|-----------------------------------|------------|---|------------------------------------|
| | mg im l | mg auf 1 □ dcm oder Kg pr. Hectare | |
| Paris 1851 (Barral) | 3,4 | 15,3 | 61,7 |
| " 1851 bis 1852 | 2,7 | 13,8 | 46,3 |
| Lyon 1852 (Bineau) | 4,4 | 36,8 | — |
| " 1853 | 6,8 | 44,4 | 7,0 |
| Fort Lamotte 1853 | 1,1 | 7,7 | 23,0 |
| La Saulsaie 1852 | 3,0 | 21,1 | — |
| Oullins 1853 | 0,9 | — | — |
| Liebfrauenberg, Mai bis October . | 0,79 | — | — |
| " Mai bis November | 0,52 | — | — |

Kleine, mittelst des Regenwassers nicht messbare Regenfälle, der Thau und Reif enthalten im Verhältniss ihrer Masse eine grössere

Menge Ammoniak als das Regenwasser. In Liebfrauenberg gesammelter Thau lieferte Boussingault in 1 l 1 bis 6 mg Ammoniak; einmal war das bei Nebel verdichtete Wasser so ammoniakalisch, dass es rothe Lackmustinctur bläute; bei einem dichten Nebel in Paris gesammeltes Wasser enthielt sogar in 1 l 137,85 mg Ammoniak. In Wasser von Rauhreif fand Bineau 70 mg, in Wasser von Eis, welches sich im Januar um die Thermometer gebildet hatte, 60 bis 65 mg Ammoniak pr. l. Horsford fand im Gletschereis 2 mg Ammoniak im l des daraus geschmolzenen Wassers.

Bineau fand, dass sich die Ammoniakmenge des in $4\frac{1}{2}$ Monaten (vom 16. December 1851 bis 30. April 1852) gesammelten Regenwassers im Regenmesser zu der Menge Ammoniak, die im Thau und Reif und unmessbar kleinen Regenfällen gefallen war, wie 11,4 zu 10,9 verhielt, und wenn sich dieses Verhältniss für das ganze Jahr gleich bleibt, so ergibt sich daraus, dass dem Boden durch Thau, Reif und Nebelregen ebenso viel Ammoniak zugeführt wird, als wie durch das Regenwasser, und in der Hochebene Amerikas, wo es oft im ganzen Jahre nicht regnet, empfangen die Pflanzen durch die starken Thaufälle offenbar die Hauptmasse des ihnen unentbehrlichen Stickstoffes.

Uebersieht man die Ergebnisse, welche durch die seitherigen Ammoniak- und Salpetersäurebestimmungen in den atmosphärischen Niederschlägen gewonnen wurden, so muss man zugestehen, dass auf diesem Wege kaum zur Feststellung allgemein gültiger Regelmässigkeiten zu gelangen ist. Wenn sich auch aus einzelnen der bezüglichen, an einem bestimmten Orte und zu einer bestimmten Zeit ausgeführten Untersuchungen solche Regelmässigkeiten zu ergeben scheinen, — spätere Untersuchungen, diejenigen, welche an anderen Orten zur Ausführung kamen, widersprechen ihnen geradezu.

Es kommt daher gegenwärtig weniger auf die selbst längere Zeit und an verschiedenen Orten durchgeführten Bestimmungen des Ammoniak- und Salpetersäuregehaltes in den atmosphärischen Niederschlägen an, als vielmehr, nach dem Vorgange Schönbein's, auf genaue Erforschung der Bildungs- und Umbildungsweisen des Ammoniaks und der Salpetersäure, und von welchem Einflusse die local gegebenen Bedingungen, die ja in den verschiedenen Zeiten wechseln, auf diese Processe sind. Die Regelmässigkeiten, welche sich aus einzelnen der vorhandenen Untersuchungen ableiten lassen, sind nur Fingerzeige für den künftigen Forscher. Dieser wird festzustellen haben, ob sich die beobachteten Regelmässigkeiten zu Gesetzmässigkeiten erheben lassen, und welches die Einflüsse sind, durch die letztere häufig genug nicht zum klaren Ausdruck gelangen.

Das Vorhandensein des Ammoniaks und der Salpetersäure in dem Boden und den Gewässern, das beständige Vorkommen dieser Stickstoffverbindungen in der Atmosphäre als unbestreitbare Thatsache festgestellt, ist nun die Frage zu lösen: werden Ammoniak und Salpetersäure

von den Wurzeln aufgenommen, dienen sie den Pflanzen zur Hervorbringung ihrer stickstoffhaltigen Bestandtheile? Das erwähnte chemische Verhalten des Ammoniaks und der Salpetersäure entfernen jeden, auch den leisesten Zweifel in Beziehung auf die Fähigkeit, Verbindungen dieser Art einzugehen, sich also zu den mannigfaltigsten Metamorphosen zu eignen; dieses und die vorhandenen übrigen Thatsachen ergeben aber, dass die genannten Verbindungen unzweifelhaft die Nahrungsstoffe sind, welche den Pflanzen ihren Stickstoffgehalt liefern.

Ammoniak- und Salpetersäure- (Salpetrigsäure-) Verbindungen finden sich in jeder Pflanze:

Die umfassende Untersuchung von Alwens und Sutter zeigte, wie verbreitet das Vorkommen der salpetersauren Salze (Nitrate) in den Pflanzen ist. In vielen Wurzeln, in den untersuchten Stengeln und Blättern zahlreicher und sehr verschiedener Landpflanzen wurden Nitrate gefunden, und konnte die Salpetersäure der Menge nach bestimmt werden. Freilich war die Salpetersäuremenge eine sehr verschiedene. So enthielt die Trockensubstanz des beblätterten Stengels von Hülsenfrüchten nur 0,02 bis 0,05 Proc. (wasserfreie) Salpetersäure, dagegen der beblätterte Maisstengel 0,62 Proc. und die Blätter des Kopfsalates sogar 1,54 bis 1,71 Procent. Die Runkelrübenwurzeln (verschiedene Spielarten von *Beta vulgaris*) enthielten im getrockneten Zustande zwischen 0,83 bis 3,01 Proc., die Wurzeln der Weissrübe (*Brassica rapa rapifera*) 0,184; 2,002 und 3,49 Procent Salpetersäure. Aus den letzteren Bestimmungen sieht man auch, wie wechselnd die Salpetersäuremenge in dem nämlichen Organe einer und derselben Varietät ist. — Merkwürdiger Weise fanden Alwens und Sutter in den meisten Samen keine oder höchstens nur Spuren von Salpetersäure; selbst dann nicht, wenn die Wurzeln und beblätterten Stengel der Pflanzen, von welchen die Samen stammten, erhebliche Salpetersäuremengen enthielten. Auch in den untersuchten Kartoffelknollen waren nur Spuren von Salpetersäure, obgleich das trockene Kartoffelkraut einen Salpetersäuregehalt von 0,49 Proc. zeigte. Sägespäne von Birken-, Buchen-, Weisstannen- und Birnbaumholz enthielten ebenfalls keine Nitrate.

In dem Saft vieler Pflanzen finden sich, wie Schönbein bewies, salpetrigsaure Salze (Nitrite). Wird z. B. der ausgepresste Saft von *Lactuca sativa* (Salat) und *Leontodon taraxacum* (Löwenzahn) mit Jodkaliumstärkekleister und etwas Schwefelsäure vermischt, so erfolgt eine starke blaue Färbung durch Jodausscheidung, eine Thatsache, von deren Richtigkeit ich mich selbst, wie von den meisten anderen von Schönbein beobachteten Thatsachen, überzeugte. Beim Stehen des Saftes an der Luft giebt der Saft aber sehr bald diese Reaction auf salpetrige Säure nicht mehr.

Das Ammoniak wurde bis jetzt immer nur in verhältnissmässig geringen Mengen, aber ganz allgemein in den Pflanzen gefunden. In allen pflanzlichen Organen und Säften gelingt der Nachweis nicht allein

von Ammoniakverbindungen, sondern auch von stickstoffhaltigen Substanzen, welche sich wie neutrale Ammoniaksalze verhalten und im Pflanzenorganismus offenbar aus Ammoniak entstanden sind.

Im Jahre 1834 beschäftigte ich mich in Giessen gemeinschaftlich mit Dr. Wilbrand, Professor der Botanik, mit der Bestimmung des Zuckergehaltes verschiedener Ahornarten, welche auf ungedüngtem Boden standen. Wir bekamen aus allen durch blosse Abdampfung ohne weitem Zusatz krystallisirten Zucker, und machten bei dieser Gelegenheit die unerwartete Beobachtung, dass dieser Saft bei Zusatz von Kalk, wie der Rohrzucker bei der Raffination behandelt, eine grosse Menge Ammoniak entwickelte. In der Voraussetzung, dass durch die Bosheit eines Menschen Urin in die an den Bäumen aufgestellten Gefässe zum Aufsammlen des Saftes gekommen wäre, wurden sie mit grosser Aufmerksamkeit überwacht, allein auch in diesem Saft, der vollkommen farblos war und keine Wirkung auf Pflanzenfarben besass, trat bei der gleichen Behandlung ebenfalls eine reichliche Ammoniakentwicklung auf.

Dieselbe Beobachtung wurde an Birkensaft gemacht, welcher, zwei Stunden von jeder menschlichen Wohnung entfernt, von Bäumen aus dem Walde gewonnen war; der mit Kalk geklärte Saft abgedampft, entwickelte reichlich Ammoniak.

Das Thränenwasser der Weinrebe hinterlässt, mit einigen Tropfen Salzsäure abgedampft, eine farblose, gummiähnliche, zerfliessliche Masse, welche durch Zusatz von Kalk reichlich Ammoniak entwickelt.

In den Rübenzuckerfabriken werden Tausende von Kubikfussen Saft täglich mit Kalk geklärt, von allem Kleber und vegetabilischem Eiweiss befreit, zur Krystallisation abgedampft. Jedermann, welcher in eine solche Fabrik eintritt, wird von der ausserordentlich grossen Menge Ammoniak überrascht, was sich mit den Wasserdämpfen verflüchtigt und in der Luft verbreitet¹⁾. Auch dieses Ammoniak ist darin in der Form eines Ammoniaksalzes zugegen oder in Verbindungen, welche sich ähnlich verhalten²⁾. Wie ein neutrales Ammoniaksalz durch Ammoniakverlust in ein saures übergeht, so nimmt der neutrale Saft beim Verdampfen eine saure Reaction an. Die freie Säure, die hierbei entsteht, ist, wie man weiss, eine Quelle von Verlust an Rohrzucker für die Rübenzuckerfabrikanten, da durch sie ein Theil des Rohrzuckers in nicht krystallisirbaren Traubenzucker und Syrup übergeht. Die in den Apo-

¹⁾ Bei der Zuckerfabrikation entwickeln sich aus 1 l Rübensaft 0,653 g Ammoniak (entspr. 2,193 g schwefelsauren Ammoniak). Eine Fabrik, welche jährlich 20 Millionen Kg Zuckerrüben verarbeiten und das hierbei entweichende Ammoniak gewinnen würde, könnte 4386 Kg schwefelsaures Ammoniak produciren. (Renard.)

²⁾ 100 Theile Zuckerrüben enthalten 0,1490 Theile Stickstoff in Form stickstoffhaltiger organischer Substanzen und 0,0116 Theile Stickstoff in Form von Ammoniaksalzen. (M. Ad. Renard, Compt. rend. t. LXVIII. (1869) p. 1334.)

thecken durch Destillation über Blüthen, Kräutern und Wurzeln erhaltenen Wasser, alle Extracte von Pflanzen enthalten Ammoniak. Der unreife, einer durchsichtigen Gallerte ähnliche Kern der Mandeln und Pflirsche entwickelt beim Zusatze von Alkalien reichlich Ammoniak (Robiquet). Der Saft frischer Tabacksblätter enthält Ammoniaksalze. Wurzeln (Runkelrüben)¹⁾, Stämme (Ahorn), alle Blüthen, die Früchte im unreifen Zustande, überall findet sich Ammoniak.

Einen entscheidenden Beweis, dass es das Ammoniak und die Salpetersäure sind, welche den Vegetabilien den Stickstoff liefern, giebt die animalische Düngung, die Düngung mit Guano, mit salpetersauren und Ammoniaksalzen.

Die Wirkung des animalischen Düngers ist, wie später gezeigt werden soll, sehr zusammengesetzt, in Beziehung auf seinen Stickstoffgehalt wirkt er aber nur durch Ammoniak- (Salpetersäure-) Bildung; in gefaultem Menschenharn ist der Stickstoff als kohlen-saures, phosphorsaures, salzsaures Ammoniak, und in keiner andern Form als in der Form eines Ammoniaksalzes enthalten.

In Flandern wird der gefaulte Urin mit dem grössten Erfolge als Dünger verwendet. In der Fäulniss des Urins erzeugen sich im Ueberfluss, man kann sagen, ausschliesslich nur Ammoniaksalze, denn unter dem Einflusse der Wärme und Feuchtigkeit verwandelt sich der Harnstoff, welcher in dem Urin vorwaltet, in kohlen-saures Ammoniak.

Jeder faulende stickstoffhaltige Körper ist eine Quelle von Ammoniak und Kohlensäure, welche so lange dauert, als noch Stickstoff darin vorhanden ist; in jedem Stadium der Fäulniss entwickeln die faulenden Stoffe, mit Kalilauge befeuchtet, Ammoniak, was an dem Geruche und durch die dicken weissen Dämpfe bemerkbar wird, wenn man einen mit Säure benetzten festen Gegenstand in ihre Nähe bringt; dieses Ammoniak wird von dem Boden festgehalten und dient entweder geradezu oder auch indirect, indem es zu Salpetersäure verwest, den Zwecken der Pflanze. — Wie vortrefflich die Gase und Dämpfe, welche sich aus zersetzendem (heiss gährendem) Miste entwickeln, und unter welchen flüchtige Ammoniakverbindungen Hauptbestandtheile sind, auf die Vegetation wirken, hatte schon Davy erkannt²⁾.

¹⁾ Im Saft der Futterrunkelrüben (im Mittel von acht Versuchen) fanden H. und E. Schulze 0,0158 Proc. Ammoniak; die Schwankungen betrugen zwischen 0,0084 bis 0,0223 Proc. Im Saft der Steckrüben waren 0,0118 Proc. Ammoniak (Mittel zweier Versuche: 0,0063 und 0,0172 Proc.) und in dem der weissen Riesenmöhre (vier Versuche zwischen 0,0159 bis 0,0285 Proc. schwankend) ein mittlerer Gehalt von 0,0215 Proc. Ammoniak enthalten. (Landw. Versuchsstat. Bd. IX, S. 434.)

²⁾ Im October 1808 füllte ich (H. Davy) eine weite Retorte mit heiss gährendem Miste an, der zum grossen Theil aus Streu und Excrementen von Hornvieh bestand; ich verband sie mit einer Vorlage, welche mit einem Apparate in Verbindung stand, der die Aufsammlung der sich entwickelnden Gase gestattete.

Die günstigen, die Ernte erhöhenden Wirkungen des Guano, welcher ja vorzugsweise aus harnsaurem, phosphorsaurem, oxalsaurem, kohlensaurem Ammoniak und einigen Erdphosphaten besteht, die Erfolge durch Düngung der Felder mit Nitraten und Ammoniaksalzen sind allen Landwirthen bekannt und sprechen für die Bedeutung des Ammoniaks und der Salpetersäure als stickstoffhaltige Nahrungsmittel für die Pflanzen. Zwar ist nicht zu leugnen, dass die genannten unorganischen Stickstoffverbindungen noch andere, den Ertrag erhöhende Wirkungen üben, und es wird später darauf zurückzukommen sein, allein ihrer Bedeutung als stickstoffhaltige Pflanzennahrungsmittel thun die secundären Wirkungen keinen Abtrag; bestände jedoch in dieser Beziehung noch ein Zweifel, die nachfolgenden Thatsachen würden ihn beseitigen.

Wir besitzen zahllose Erfahrungen, dass, unter Mitwirkung der anderen nothwendigen Bedingungen, die Ernte und die Menge der stickstoffhaltigen Producte, welche die auf einer gegebenen Bodenfläche wachsenden Pflanzen hervorbringen, in einer bestimmten Beziehung stehen zu der Menge des aufnehmbaren Stickstoffes, der ihren Wurzeln in der Form von Ammoniak und Salpetersäure dargeboten ist.

Schon früher wurde erwähnt: Pflanzen vermehren ihren Stickstoffgehalt nicht, wenn sie in ausgeglühtem, nur die Aschenbestandtheile enthaltendem Boden und in einer an Ammoniak- und Salpetersäureverbindungen freien Atmosphäre sich entwickeln, — die Versuche von Bous-singault waren Beweise hierfür. Aenderte nun Boussingault in seinen Versuchen sonst nichts, als dass er zu den Pflanzen atmosphärische Luft treten liess, welche er zuvor von ihrem Ammoniak- und Salpetersäuregehalt nicht befreite — Thau und Regen wurden abgehalten —, so ergab sich eine Stickstoffzunahme. Die erzielten Pflanzen und der Boden enthielten zur Zeit der Ernte um ein Zwölftel Stickstoff mehr als Boden und Samen zur Zeit der Aussaat; auf Kosten des Ammoniak- und Salpetersäuregehaltes der Luft hatten Boden und Ernte ihren Stickstoffgehalt um 8 Procent erhöht.

In seinen Versuchen mit Cerealien fand Hellriegel¹⁾, dass in reinem Sande Weizen und Roggen Maximalerträge hervorbrachten, wenn neben den übrigen nothwendigen Pflanzennahrungsmitteln in einer Million

Die Vorlage wurde inwendig sehr bald mit Wassertropfen beschlagen und in drei Tagen waren 21 Cubikzoll Kohlensäure erhalten. Die Flüssigkeit in der Vorlage wog $\frac{1}{2}$ Unze; sie enthielt essigsaures und kohlensaures Ammoniak.

Ich leitete nun die Mündung einer zweiten Retorte, die mit ähnlichem, sehr warmem Dünger gefüllt, unter die Wurzeln von Graspflanzen unter den Rasen am Rande des Gartens, und in weniger als einer Woche war eine sehr deutliche Wirkung bemerkbar. An dem Platze, der dem Einflusse des gährenden Düngers ausgesetzt war, wuchs das Gras mit weit grösserer Ueppigkeit, als in irgend einem andern Theile des Gartens. (Agric. Chemistry.)

¹⁾ Preuss. Annal. d. Landwirthsch., Wochenblatt 1867, S. 460.

Theilen Sandboden 70 Theile, beziehungsweise 63 Theile assimilirbarer Stickstoff (in Form von salpetersauren Salzen) enthalten waren. Verminderte Hellriegel, unter übrigens sonst gleichen Umständen, die Menge des assimilirbaren Stickstoffes, so verminderten sich auch die Erträge.

Eine Vermehrung der Ammoniak- und Salpetersäuremenge, des animalischen Düngers im Boden hat aber nicht allein eine Vermehrung der Anzahl der Samen, der Ernte überhaupt zur Folge, sie kann auch einen Einfluss auf die Vergrösserung des Gehaltes an den stickstoffhaltigen Bestandtheilen ausüben. Freilich haben die neueren Untersuchungen nicht die Angaben Hermbstädt's bezüglich der quantitativen Vermehrung des Gehaltes der Getreidekörner an stickstoffhaltigen organischen Bestandtheilen durch Düngemittel, welche verschieden reich an Stickstoff waren, bestätigt; vielmehr haben sie geradezu ergeben, dass gleichentwickelte Samen eine ziemlich gleiche chemische Zusammensetzung haben, und ausserdem, dass die Stickstoffnahrungsstoffe nur dann in der Pflanze assimilirt werden, wenn sie begleitet sind von einem gewissen Verhältnisse der übrigen nothwendigen Pflanzennahrungsstoffe. Trotzdem ist nicht zu leugnen: der Gehalt der Samen derselben Pflanzenart an organischen Stickstoffverbindungen kann innerhalb gewisser, wenn auch verhältnissmässig enger Grenzen schwanken, und die Vermehrung der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe im Boden ist von Einfluss auf den Stickstoffgehalt der Ernte. In letzterer Beziehung beobachtete Siegert, dass unter sonst gleichen Umständen eine Düngung mit Ammoniak- und salpetersauren Salzen den Stickstoffgehalt des Sommerweizens erhöhte; ähnliche Resultate hatte Boussingault schon früher bei Düngung von Halmfrüchten mit stickstoffreichen Düngemitteln, und ebenso Barral erhalten. Freilich war die Erhöhung, welche Siegert beobachtete, nicht bedeutend, und ausserdem wurde nicht festgestellt, ob die Erhöhung des Stickstoffgehaltes auch wirklich einer Vermehrung der stickstoffhaltigen organischen Bestandtheile im Sommerweizen entsprach, oder ob vielleicht einfach die Erhöhung durch aufgenommene, aber nicht assimilirte Ammoniak- oder salpetersaure Salze bedingt war. Zu ähnlichen Resultaten, wie sie Boussingault, Siegert u. s. w. erhielten, führten auch die neuesten Versuche Ritthausen's.

Zuletzt wurden bis in die jüngste Zeit zahlreiche Vegetationsversuche unternommen, in welchen den Pflanzen nur salpetersaure und Ammoniaksalze als Stickstoffquelle dargeboten waren. Das vollständige Gelingen dieser Versuche, die Vermehrung der stickstoffhaltigen organischen Bestandtheile in den Versuchspflanzen sind directe Beweise dafür, dass Salpetersäure und Ammoniak wirklich die stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe für die Vegetabilien sind.

Schon früher Salm-Horstmar und Boussingault, in der neuesten Zeit Knop, Stohmann, Nobbe und zahlreiche andere Forscher haben durch Vegetationsversuche mit aller Bestimmtheit dargethan, dass

es den Pflanzen möglich ist, aus salpetersauren Salzen, und zwar ohne Mitanzwesenheit des Ammoniaks, ihr Bedürfniss an Stickstoff zu befriedigen und die höchsten Erträge zu liefern.

In gleicher Weise fanden G. Kühn, Hampe, P. Wagner, Hellriegel u. A., dass Ammoniakverbindungen als Stickstoffquelle für die Pflanzen dienen können und hierbei die Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure keineswegs nöthig sei.

Durch das oben Gesagte ist natürlich nicht behauptet: die Pflanzen vermöchten nicht auch schon theilweise in organische Substanz übergeführte Kohlensäure oder Ammoniak aufzunehmen und zu assimiliren, d. h. in noch höhere organische Pflanzenstoffe zu verwandeln. Es haben ja gerade neuere Versuche dargethan, dass stickstoffhaltige Körper von complicirter (s. g. organischer) Zusammensetzung in die Pflanze übergehen, und als stickstoffhaltige Nahrungsmittel, ähnlich wie Ammoniak und Salpetersäure, wirken können.

So schloss schon Cameron aus seinen Versuchen mit Gerste, dass Harnstoff in Auflösung unverändert von den Pflanzen aufgenommen werden könne; derselbe brauche nicht zuvor in Ammoniak umgewandelt zu sein, um durch seinen Stickstoffgehalt die Vegetation zu fördern; die Düngkraft des Harnstoffes komme ausserdem der von Ammoniaksalzen sehr nahe. S. W. Johnson berichtete¹⁾ über einen günstigen Einfluss verschiedener anderer, als Harnbestandtheile auftretender Stickstoffkörper: Harnsäure, Hippursäure und salzsaures Guanin, auf Maispflanzen, welche in geglühtem mit den Aschenbestandtheilen versehenem Sande wuchsen. — Alle diese Versuche liessen jedoch noch den Zweifel zu, ob in der That auch die genannten organischen Stickstoffkörper als solche in die Pflanzen übergingen, oder ob sie, bei ihrer leichten Umwandelbarkeit in Ammoniak (Salpetersäure), vielleicht dennoch in letzterer Form die gesehenen pflanzennährenden Wirkungen übten.

Die Versuche Hampe's, welche von P. Wagner bestätigt wurden, waren zuerst vollgültige Beweise dafür, dass normale Maisvegetationen in einer Nährstofflösung erzielt werden konnten, in welcher Harnstoff als einzige Stickstoffquelle wirkte. Wagner²⁾ fand ferner: auch Glycocoll, Kreatin und Hippursäure — diese wurde im Pflanzenkörper zersetzt und Benzoesäure durch die Wurzeln ausgeschieden, daher ihre Wirkung offenbar die des Glycocolls — können als Stickstoffnahrungsmittel dienen. W. Wolff³⁾ verwandte in wässrigen Nährstofflösungen statt des Ammoniaks und der Salpetersäure als Stickstoffquelle das Tyrosin; er fand jedoch: nur dessen Zersetzungsproducte, unter welchen übrigens kein Ammo-

¹⁾ Sillim. amer. Journ. (2), XLI, p. 27.

²⁾ Journ. f. Landw. 1869, Bd. IV, S. 82.

³⁾ Landw. Versuchsst. Bd. X, S. 13.

niak, werden von den Pflanzen assimilirt. Aehnliche Resultate wie mit Tyrosin erhielten Knop und W. Wolff¹⁾ auch mit Leucin.

Bemerkenswerth bei den Versuchen mit den complicirteren Stickstoffverbindungen ist, dass bis jetzt vorzugsweise die Verbindungen, welche man als Ammoniakabkömmlinge und dem Ammoniak noch ziemlich nahe stehend betrachten muss, günstig auf die Vegetation wirkten, während (nach Knop²⁾) Nitrokörper (nitrobenzoesaures Kali u. s. w.) der Pflanze keinen Stickstoff zuführen konnten und einen schädlichen Einfluss auf dieselben übten.

Alle genannten organischen Stickstoffverbindungen, welche in den Wasserculturen statt des Ammoniaks und der Salpetersäure als Pflanzennahrungsmittel dienten, sind in der Natur keineswegs allgemein verbreitet. Es ist möglich, dass im Dünger die eine oder die andere der genannten Verbindungen vielleicht dem Boden zugeführt werden kann, allein sie verwandeln sich daselbst verhältnissmässig rasch in Ammoniak und Salpetersäure, so dass bei den unter gewöhnlichen Umständen wachsenden Pflanzen kaum die Rede davon sein kann: diese Verbindungen lieferten auch nur einen geringen Theil des pflanzlichen Stickstoffs.

In der Atmosphäre, in dem Regenwasser, im Quellwasser, in allen Bodenarten finden wir Ammoniak oder Salpetersäure als Product der Verwesung und Fäulniss der ganzen, der gegenwärtigen Generation vorangegangenen Thier- und Pflanzenwelt, als Product zahlreicher in der Natur fortwährend stattfindender Vorgänge; wir finden, dass in allen Pflanzen Ammoniak oder Salpetersäure vorkommen, dass die Erntemasse und die Production der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen in einer bestimmten Beziehung stehen zur Quantität des der Vegetation dargebotenen Ammoniaks und der Salpetersäure, dass diese beiden Körper von den Pflanzen aufgenommen und assimilirt werden; und kein Schluss kann wohl besser begründet sein, als der, dass das Ammoniak und die Salpetersäure es sind, welche den Pflanzen ihren Stickstoff liefern, und dass diese Stickstoffnahrungsmittel mittelbar oder unmittelbar aus der Atmosphäre stammen.

¹⁾ Chemisch. Centralbl. 1866, S. 744.

²⁾ Landw. Versuchsst. Bd. VII, S. 463.

Die Quellen des Ammoniaks und der Salpetersäure.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass mit der Erscheinung von Thieren auf der Oberfläche der Erde die Mittel zu ihrer Erhaltung und Vermehrung, dass mithin Pflanzen vorhanden waren, die ihnen zur Nahrung dienen konnten; es muss uns als nicht minder nothwendig erscheinen, dass mit der Entstehung der Pflanzenwelt alle Bedingungen der Aeusserung des vegetabilischen Lebens sich im Boden und der Atmosphäre fertig gebildet und in hinreichender Menge befanden. Mit derselben Bestimmtheit, mit welcher wir die Gegenwart einer Kohlenstoffverbindung voraussetzen, die ihnen den Kohlenstoff lieferte, müssen wir die gleichzeitige Existenz einer Stickstoffverbindung für unbestreitbar gewiss halten, die ihnen noch heute den Stickstoff liefert.

Geben wir den Standpunkt der Naturforschung auf, so können wir a priori nach Willkür und Neigung das Bestehen von anderen Kohlenstoffverbindungen, welche Antheil an dem Lebensprocesse der Pflanze zu nehmen vermögen, für wahrscheinlich halten, allein wenn wir deren Standpunkt nicht verlassen wollen, so existiren diese hypothetischen Kohlenstoffquellen für uns nicht, entweder weil sie uns gänzlich unbekannt oder zweifelhaft sind.

Dasselbe muss in Beziehung auf den Stickstoff als eine Wahrheit angenommen werden. Die Naturforschung kennt in diesem Augenblicke, ausser dem Ammoniak und ihrem Oxydationsproduct, der Salpetersäure, keine anderen Stickstoffverbindungen, die überall, an allen Punkten der Erde, den Pflanzen den Stickstoff zu liefern vermöchten.

Ist nun, so kann man fragen, die Quantität des Ammoniaks, was wir in der Atmosphäre, in der Form von Pflanzen und Thieren als eine begrenzte Grösse annehmen wollen, keiner Zunahme fähig? kennt man nicht Quellen von Ammoniak, wodurch das Vorhandene vermehrt wird? Diese Frage lässt sich in einer zweiten wiedergeben. Ob nämlich unzweideutige Thatfachen für die Meinung vorliegen, dass der Stickstoff der Luft die Fähigkeit besitzt, unter irgend einer Bedingung die Form des Ammoniaks, oder einer andern Stickstoffverbindung anzunehmen? Ausser dem Ammoniak und der Salpetersäure kennen wir keine anderen Stickstoffverbindungen bis auf die, welche in Pflanzen und Thieren vorkommen, oder solche, die mit ihrer Hülfe darstellbar, das heisst daraus abgeleitet sind. Der Stickstoff existirt neben diesen nur in der Form des Gases, was wir als einen Hauptbestandtheil der Luft betrachten.

Die Unbekanntschaft mit der eigentlichen Quelle des Stickstoffs für die Pflanzen hat die Naturforscher schon sehr früh zu der Meinung verleitet, dass sie die Fähigkeit besitzen müssten, den Stickstoff der Luft in

irgend einer Weise in ihrem Lebensprocesse sich anzueignen. In der That blieb, so lange das Ammoniak als Bestandtheil der Luft nicht aufgefunden war, kaum ein Grund, an diesem Vermögen der Pflanze zu zweifeln, wo sollte sonst die wildwachsende Pflanze den Stickstoff ihrer stickstoffhaltigen Bestandtheile hergenommen haben!

Man kannte und betrachtete aber das Ammoniak nur als ein Product der Zerstörung und Zerlegung der Organismen. Die Erzeugung und Bildung des Ammoniaks setzte das Vorhandensein von Pflanzen oder Thieren voraus. Wir haben Gründe genug zu glauben, dass der Thierwelt eine Pflanzenwelt voranging, wir nehmen an, dass vor der Pflanze die Bedingungen ihres Lebens und ihrer Vermehrung vorhanden waren, dass also damals wie jetzt das Ammoniak einen Bestandtheil der Luft ausmachte, und die Zerstörung der Pflanze der Erzeugung von Ammoniak nicht vorausging. Es ist nun klar, dass wenn die nämlichen Ursachen noch fortwirken, welche vor dem Beginne des Pflanzenlebens die Bildung des Ammoniaks vermittelten, wenn ihre Wirkung einen Uebergang von gasförmigem Stickstoff in Ammoniak zur Folge hätte, so müsste noch heute in jedem Zeitmomente Ammoniak gebildet, und die Summe des Vorhandenen dadurch vergrößert werden.

Die Eisenerze in dem Urgebirge Südamerikas (Boussingault) und Schwedens (Berzelius), alle bis jetzt untersuchten Eisenerze geben beim Glühen eine gewisse Menge Wasser von nachweisbarem Ammoniakgehalte. Woher stammt dieses Ammoniak? Früher erklärte man sich diesen Ammoniakgehalt der Eisenerze auf eine anscheinend befriedigende Weise.

Das Wasser ist, so nimmt man an, die einzige in der anorganischen Natur vorkommende Wasserstoffverbindung, die anderen sind Producte von Zersetzungsprocessen, denen das Wasser den Wasserstoff liefert.

Das Ammoniak ist entstanden ähnlich wie die anderen Wasserstoffverbindungen, das Eisenerz war früher Eisen; lassen wir es entstehen durch Oxydation des Eisens auf Kosten des Sauerstoffs im Wasser, so haben wir auf der einen Seite Eisenoxyd, auf der anderen eine Quelle von Wasserstoffgas. Wenn wir uns nun denken, dass Wasserstoffgas im Momente des Freiwerdens in Berührung mit Stickgas, was sich im Zustande der Auflösung im Wasser befindet, sich damit verbindet, so haben wir ja Ammoniak, was mit dem Eisenoxyde in Verbindung bleibt.

Es ist klar, dass wenn mit einiger Wahrscheinlichkeit die Entstehung der Eisenoxyde auf nassem Wege durch Oxydation auf Kosten des Sauerstoffs des Wassers ermittelt wäre, wenn wir mit Bestimmtheit wüssten, dass das Stickgas der Luft mit Wasserstoffgas im Entstehungsmomente sich vereinigen liesse, so wäre diese Erklärung des Ammoniakgehaltes der Eisenerze völlig genügend, und es liesse sich denken, wenn auch die Bildung des Ammoniaks unter den früheren Bedingungen, wo die Eisenerze entstanden, jetzt eine Grenze hat, dass bei Vereinigung von gleichen oder ähnlichen Bedingungen sie noch fort dauern kann.

Was nun die Zerlegung des Wassers durch Eisen im Besondern betrifft, so findet sie unter Umständen statt, welche die gleichzeitige Entstehung von Ammoniak auszuschliessen scheinen.

Bei gewöhnlicher Temperatur findet keine Zerlegung des Wassers durch Eisen statt, und in höherer Temperatur, beim Sieden des Wassers, bleibt in diesem kein Stickgas in Auflösung zurück. Treiben wir ein Gemenge von Wasserdampf mit Stickgas über rothglühende Eisenspäne, so erhalten wir das Stickgas unverändert wieder, wiewohl gemengt mit Wasserstoffgas. Dass sich in diesem Falle kein Ammoniak erzeugen kann, erklärt sich leicht, da Ammoniakgas in Berührung mit metallischem Eisen in der Hitze in seine Bestandtheile zerfällt.

Bei Berührung von aufgeschlammtem Eisenoxydhydrat mit feinzertheiltem metallischen Eisen tritt übrigens schon bei wenig erhöhter Temperatur eine Wasserzersetzung und damit eine Wasserstoffentwicklung ein, indem sich Eisenoxyduloxyd (das Oxyd des Magneteisensteins) bildet. Da das Eisenoxydhydrat hier ähnlich wirkt wie eine Säure, so müssten wir in diesem Falle und überhaupt überall, wo Metalle unter Wasserstoffgasentwicklung in Säuren gelöst werden, in der Auflösung ein Ammoniaksalz erhalten.

Bis jetzt konnte aber die Gegenwart von gebildetem Ammoniak unter diesen Umständen nicht dargethan werden, und es ist aus den Versuchen über die Zerlegung des Wassers durch einen elektrischen Strom mit Zuverlässigkeit ermittelt, dass das aus lufthaltigem Wasser entwickelte Wasserstoffgas stets eine gewisse Menge Stickgas enthält, was sich nicht entwickeln dürfte, wenn es mit dem freiwerdenden Wasserstoffgase Ammoniak zu bilden vermöchte.

Man hat als einen evidenten Beweis der Ammoniakbildung aus dem Stickstoffe der Luft die Erfahrung betrachtet, dass das Eisenoxyd, was sich beim Rosten des Eisens in der Luft bildet, stets eine gewisse Menge Ammoniak enthält, allein die Luft enthält Ammoniak, was zum Eisenoxyde eine beträchtliche Verwandtschaft besitzt. Marshall Hall hat die Unrichtigkeit der Ansicht; dass hierbei Wasser zerlegt werde, schon dargethan, und besonders zu diesem Zwecke in dem hiesigen Laboratorium angestellte Versuche haben bewiesen, dass wenn die Luft, ehe sie mit dem rostenden Eisen in Berührung kommt, durch eine Röhre mit concentrirter Schwefelsäure geleitet und damit von ihrem Ammoniakgehalte befreit wird, dass das sich bildende Oxyd keine Spur von Ammoniak enthält.

Braconnot hat (Annal. de chim. et de phys. T. LXVII, p. 104 u. ff.) gezeigt, dass die meisten Basalte, der Trapp, Granit von Rochepon, von Bresse, Syenit, Amphibole, der Wakit (eine Lava), der Basalt von Bedon, Quarz von Gerordines, Pegmatit und eine Menge anderer Felsarten bei trockner Destillation Wasser geben, welches deutlich Ammoniak enthält.

Diese Thatsachen lassen sich durch die Interpretation, die man dem

Ammoniakgehalte der Eisenerze unterlegt hat, nicht erklären, und keinem Zweifel kann es unterliegen, dass das Ammoniak in beiden einerlei Ursprung hat, obwohl es durch Oxydation des Eisens nicht entstehen kann.

Die Frage, ob überhaupt der Stickstoff der Luft die Fähigkeit hat, mit Wasserstoffgas in dem Momente, wo es aus Wasser frei wird, sich zu Ammoniak zu vereinigen, ist in der neuesten Zeit, wiewohl eines ganz anderen Zweckes wegen, zu einem Gegenstande sehr genauer Versuche gemacht worden.

Die Herren Will und Varrentrapp wandten nämlich die bekannte Erfahrung, dass sich der Stickstoff stickstoffhaltiger Verbindungen beim Glühen mit Kalihydrat als Ammoniak entwickelt, zur quantitativen Bestimmung des Stickstoffs in der organischen Analyse an. Mittelst einer Säure gebunden und in die Form des sogenannten Platinsalmiaks gebracht, lässt sich das erzeugte Ammoniak mit Leichtigkeit wägen, und aus seiner bekannten Zusammensetzung der Stickstoffgehalt berechnen. Eine grosse Menge Analysen von Stickstoffverbindungen, deren Stickstoffgehalt genau bekannt war, zeigten, dass dieses Verfahren ihrer Absicht vollkommen entsprach, bis einige Zeit darauf von Reiset Versuche bekannt gemacht wurden, wonach auch mit stickstofffreien Substanzen, Zucker z. B., mit Hülfe dieses Verfahrens Ammoniak erhalten wurde, mit Materien, in denen der Stickstoff als Bestandtheil fehlt; er glaubte annehmen zu müssen, dass der Stickstoffgehalt der Luft, welche in den Poren der Mischung enthalten war, die Ursache dieser Ammoniakbildung sei, und dass mithin, da diese Luft nicht ausgeschlossen werden kann, dieser Umstand die Analysirmethode ungenau und verwerflich mache.

Neue und mit aller Sorgfalt von Will wiederholte Versuche zeigen, dass in der That unter Umständen, welche denen ähnlich sind, die schon früher von Faraday beobachtet wurden, auch mit stickstofffreien Materien, wenn sie mit Kali geglüht werden, Ammoniak erhalten wird, dass aber beim Ausschlusse derselben Stickgas mit Wasserstoff im Momente seines Freiwerdens keine Verbindung eingeht, dass aus beiden kein Ammoniak gebildet werden kann.

Die bewundernswürdigen Versuche von Faraday (Quarterly Journ. of Science T. XIX, p. 16) beweisen, dass in allen den Fällen, wo beim Glühen von Kalihydrat mit stickstofffreien Substanzen Ammoniak erhalten wurde, dieses Ammoniak fertig gebildet in der Substanz oder im Kalihydrate sich befand. Es giebt keine Beobachtungen, welche überzeugender für die ausserordentliche Verbreitung des Ammoniaks sind, dessen Gegenwart sich überall zu erkennen giebt, wo sich atmosphärische Luft befindet.

Zur richtigen Beurtheilung der Versuche von Faraday halte ich es für wichtig genug, sie hier ausführlich auseinander zu setzen.

Nachdem nämlich Faraday beobachtet hatte, dass Holzfaser, Leinwand, oxalsaures Kali und eine Menge anderer stickstofffreier Materien,

mit Kali, Natron, Kalkhydrat etc. erhitzt, Ammoniak entwickelten, suchte er die Bedingungen, unter welchen Ammoniakbildung eintritt, auszumitteln; er suchte sie zuerst in den Alkalien. Kalihydrat aus Potasche, aus Weinstein, aus Kalium dargestellt, verhielt sich völlig gleich. Die organischen Substanzen für sich erhitzt geben auf Curcuma keine Reaction auf Ammoniak, mit den Alkalien zusammen geglüht tritt hingegen Ammoniakbildung ein.

Es lag ganz nahe, dem Stickstoffgehalte der Luft, welche die Substanzen umgab, einen Antheil an der Ammoniakbildung zuzuschreiben, so wenig wahrscheinlich dies auch schien, da die Luft bekanntlich Sauerstoff enthält, von dem man niemals beobachtet hatte, dass er unter diesen Umständen eine Verbindung mit dem freigewordenen Wasserstoff eingeht, obwohl seine Verwandtschaft zum Wasserstoff unendlich grösser ist als die des Stickgases.

Der Voraussetzung nach würde der Stickstoff der Luft mit Wasserstoff aus zerlegtem Wasser Ammoniak gebildet haben müssen neben Sauerstoffgas, was zum Wasserstoff eine weit grössere Anziehung besitzt.

Die Versuche wurden in einer Atmosphäre von reinem Wasserstoff wiederholt, aus Wasser bereitet, was durch lange anhaltendes Kochen von aller Luft vorher befreit war.

Aber auch in diesem Falle, wo alles Stickgas ausgeschlossen war, blieb die Ammoniakbildung nicht aus, es musste demnach eine unbekannte Ursache der Ammoniakbildung geben, und dies war denn auch der Schluss, den Faraday aus seinen Versuchen zog.

Jetzt, wo man weiss, dass das Ammoniak ein Bestandtheil der Luft, dass es wie diese allgegenwärtig, dass das Ammoniakgas ein coërcibles Gas ist, was an der Oberfläche von festen Körpern in weit grösserer Menge wie Luft condensirt wird, wo man weiss, dass es in destillirtem Wasser stets vorhanden ist, erklären sich diese und die anderen noch weit unbegreiflicheren Versuche Faraday's auf eine höchst einfache Weise.

Feiner, glänzender Eisendraht, in schmelzendes Kalihydrat gebracht, veranlasste die Entwicklung von Ammoniak, aber sie hört bald auf, die Einführung einer zweiten Portion von glänzendem Draht bewirkt eine neue Ammoniakentwicklung (Faraday).

Zink in schmelzendem Kalihydrat bewirkt sogleich eine Entwicklung von Ammoniak und Wasserstoffgas, aber obwohl die Bedingungen der möglichen Bildung fort dauern (Zink, Luft und freiwerdender Wasserstoff), die erzeugte Menge Ammoniak nimmt nicht zu; durch Zusatz von frischem Zink oder Kalihydrat wird aber eine neue Menge Ammoniak bemerkbar.

Etwas Kali und Zink wurden zusammen erhitzt, ein Theil davon in eine Flasche gethan, die man sogleich verschloss, ein anderer Theil wurde in Wasser gelöst, die klare Auflösung eingetrocknet, und 24 Stunden bei Seite gestellt. Nach Verlauf dieser Zeit gab die erste Portion nur zweifel-

hafte Spuren von Ammoniak. Die andere gab sehr deutliche Beweise von seiner Gegenwart, anscheinend als habe sie die Substanz, welche die Quelle von Ammoniak war, während der Operation aus der Luft aufgenommen (Faraday).

Weisser Thon von Cornwallis, welcher rothglühend gemacht und darauf eine Woche der Luft ausgesetzt ward, gab reichlich Ammoniak, wenn man ihn in einer Röhre erhitzte. In gut verstopften Flaschen nach dem Glühen aufbewahrt, ward dieser Effect nicht erzeugt.

Die unzweifelhaftesten Beobachtungen, dass das in allen diesen Fällen erhaltene Ammoniak aus der Atmosphäre stammt und an der Oberfläche dieser Materien condensirt war, sind folgende (Faraday):

Meeressand wurde in einem Tiegel glühend gemacht und auf einer Kupferplatte erkalten lassen; 12 Gran davon wurden in eine reine Glasröhre gebracht und eine gleiche Menge auf die Hand geschüttet, einige Augenblicke darauf gelassen, mit dem Finger umgerührt, sodann mittelst eines Platinbleches in eine zweite Röhre mit der Vorsicht gebracht, keine andere thierische Substanz anderweitig mit den Sandkörnern in Berührung zu bringen (Faraday).

Als die erste Röhre erhitzt wurde, gab sie mit Curcumapapier kein Zeichen von Ammoniak, wohl aber die zweite in sehr entscheidender Menge. Zur Vorsicht wurden in allen diesen Versuchen die angewandten Glasröhren nicht mit Tuch oder Werg gereinigt, sondern ungebrauchte Röhren genommen, die man zum Rothglühen in einem Luftstrome vorher erhitzte (Faraday).

Eine Portion Asbest rothglühend gemacht und mit einer metallenen Zange in eine Röhre gebracht, gab beim Erhitzen kein Ammoniak, hingegen eine andere Portion, die nur mit dem Finger zusammengedrückt war, sogleich Ammoniak lieferte, als man sie in einer Röhre erhitzte (Faraday).

Wir wissen nun, dass die Oberhaut Ammoniak ausdunstet, dass der Schweiss stets Ammoniaksalze enthält, und nichts kann gewisser sein, als dass in den letztbeschriebenen Versuchen das Ammoniak, ähnlich wie bei dem gebrannten Thone, welcher der Luft ausgesetzt gewesen war, an der Oberfläche des Sandes oder des Asbestes condensirt sich befand.

Alle Versuche, welche zu beweisen scheinen, dass Stickstoff aus der Luft in dem Organismus gewisser Pflanzen fixirt werde, dass namentlich Erbsen und Bohnen, welche in einem von animalischen Materien völlig freien Boden vegetirten, das Vermögen besitzen müssten, sich Stickstoff aus der Atmosphäre anzueignen, können jetzt, wo man weiss, dass die Luft als constanten Bestandtheil Ammoniak enthält, nicht die geringste Geltung mehr haben. Wenn man zuletzt erwägt, dass alle diese Versuche in Umgebungen angestellt sind, wo die Atmosphäre weit reicher war an Ammoniak als in freiem Felde, dass diese Pflanzen mit destillirtem Wasser begossen wurden, was aus Brunnenwasser gewonnen, eine weit grössere Menge kohlensaures Ammoniak enthält als das Regenwas-

ser, so liegt kein Grund vor, die Vergrößerung des Stickstoffgehaltes in den Samen, Blättern und Stengeln einer anderen Quelle zuzuschreiben, die man nur geschaffen und erfunden hat, weil der Ammoniakgehalt des Wassers und der Luft damals nicht beachtet waren, und jeder Anhaltspunkt zu einer richtigeren Erklärung gefehlt hatte.

Die Beobachtungen der Chemie haben dargethan, dass das Ammoniak nicht bloss ein Product der Fäulniss und Verwesung thierischer und vegetabilischer Stoffe, sondern in vielen chemischen Processen erzeugbar ist, wenn dem Stickstoff stickstoffhaltiger Verbindungen in dem Momente seiner Abscheidung Wasserstoff dargeboten wird, mit dem er sich zu Ammoniak in diesem Falle vereinigt.

Zusammengesetzte stickstoffhaltige Gase (Cyangas, Stickoxyd, Stickoxydulgas etc.), wenn sie mit Wasserstoffgas gemengt über glühenden Platinschwamm (Kuhlmann) oder über Eisenoxyd (Reiset) geleitet werden, verwandeln sich in Ammoniak.

Leitet man Wasserdampf über glühende stickstoffhaltige Holzkohle, so erhält man unter anderen Producten Blausäure, welche durch Alkalien in Ammoniak und Ameisensäure übergeführt werden kann.

Der Stickstoff der Salpetersäure mit Wasserstoff im Entstehungsmomente in Berührung, bei Auflösung des Zinns oder beim Schmelzen von salpetersauren Salzen mit Kalihydrat und organischen Stoffen, verwandelt sich in die Wasserstoffverbindung des Stickstoffs, in Ammoniak.

In allen den Fällen, wo wir einen stickstoffhaltigen Körper mit Kalihydrat einer höheren Temperatur aussetzen, tritt sein Stickstoff aus in der Form von Ammoniak.

Wenn der Stickstoff eines organischen Körpers, eines Pflanzen- und Thierstoffes oder ihrer Kohle von dem Ammoniak stammt, was die Pflanze aus der Atmosphäre erhielt, so nimmt er in den erwähnten Zersetzungsprocessen die ursprüngliche Form wieder an, er kehrt wieder in den Zustand des Ammoniaks zurück.

Alles dies sind aber keine eigentlichen Ammoniakherzeugungen, sie können bei der Frage, um die es sich hier handelt, nicht in Betracht gezogen werden.

Mit dem Ammoniak im engsten Zusammenhange steht das Vorkommen und das Verhalten der Salpetersäure.

Die gegen Ende des vorigen Jahrhunderts von der königlichen Akademie der Wissenschaften in Paris veranlassten Untersuchungen über die Salpetererzeugung in gewissen Erdmischungen haben ergeben, dass nur in solchen Salpetersäurebildung statthat, welche animalische Substanzen sowie Kalk, Kali, Bittererde etc., überhaupt starke alkalische Basen enthalten, und dass ohne die Mitwirkung einer stickstoffhaltigen Materie in sonst geeigneten Mischungen keine Salpeterbildung vor sich geht, und der Stickstoff der Luft keinen Antheil daran hat.

Die eigentliche Quelle der Salpetersäure, die unter diesen Umständen entsteht, ist das Ammoniak; die thierische Substanz wird nicht direct

oxydirt und ihr Stickstoff in Salpetersäure übergeführt, sondern es nimmt zuvor dieser Bestandtheil derselben, in Folge des sich einstellenden Fäulnissprocesses, die Form von Ammoniak an. Die Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure geht nicht von selbst, sondern nur bei Gegenwart einer anderen in Verwesung, d. i. im Zustande der Sauerstoffaufnahme begriffenen organischen Substanz vor sich, und es müssen sich alkalische Substanzen in einer solchen Mischung befinden, welche die erzeugte Säure zu neutralisiren vermögen, wenn die Salpetersäurebildung fort dauern soll. In dieser Weise entstehen die salpetersauren Salze in den Mauern von Viehställen und Wohnhäusern an Orten, welche von den ammoniakreichen Flüssigkeiten aus Latrinen befeuchtet sind. Bei trockner Witterung bedecken sich diese Mauern mit wolkig krystallinischen Auswitterungen, welche in der Regel aus salpetersaurem Kalk und Bittererde bestehen, Salze, die aus feuchter Luft Wasser anziehen und zerfliessen und nasse Stellen in der Mauer verursachen.

Einen grossen Theil alles Salpeters, der früher in Frankreich zur Pulverfabrikation und anderen Zwecken verbraucht wurde, gewann man in Paris. Die dortigen Salpetersieder verwendeten zu diesem Zwecke den unteren Theil der alten abgebrochenen Häuser, der mit den Flüssigkeiten der Strasse in beständiger Berührung ist. In diesem Theile der Häuser finden sich reichlich salpetersaure Salze, während die oberen Theile keine Spur enthalten.

Einen gleichen Ursprung haben die salpetersauren Salze in dem Wasser der Brunnen der Städte und Dörfer, namentlich solcher, die in der Nähe von Miststätten oder Latrinen liegen.

Es kann nicht geleugnet werden, dass in einer Erde, in welcher sich salpetersaure Salze zu bilden vermögen, die meisten Pflanzen üppiger und kräftiger sich entwickeln als in einem Boden, worin die Bedingungen der Salpetersäurebildung fehlen.

Die thierischen Stoffe, die Excremente von Menschen und Thieren, überhaupt alle sogenannten animalischen Düngstoffe, in eine lockere, kalkhaltige Erde gebracht, veranlassen darin die Entstehung von salpetersauren Salzen, aber sie bewirken auch, dass in dieser Erde die meisten Pflanzen üppiger gedeihen und höhere Erträge geben, als im ungedüngten Zustande.

In seinen Beiträgen zum Studium der Salpeterbildungen (Verhandl. der naturforschenden Gesellschaft in Basel III, 2. Heft, S. 255) erwähnt Dr. Goppelsröder, dass bei Befeuchtung einer ihm zugekommenen Sorte käuflichen Guano, welcher keine Spur von Nitraten oder Nitriten enthalten habe, mit Wasser und Aussetzen an die Luft schon nach einigen Stunden eine Bildung von Nitriten eingetreten sei, die nach drei Wochen in Nitrate übergegangen wären.

Mit dem grössten Rechte schreibt man den in einem solchen Boden enthaltenen Thierstoffen, den Alkalien, sowie den in den Thiersubstanzen enthaltenen phosphorsauren Salzen die Ursache seines günstigen Ein-

flusses auf die Vegetation zu. Aus den Thiersubstanzen entsteht das für die Pflanzen so nothwendige Ammoniak, ohne dieses würde sich in diesen Erdmischungen keine Salpetersäure bilden können.

Die Gegenwart salpetersaurer Salze zeigt in einem Boden mit Bestimmtheit an, dass sich die wichtigsten Bedingungen des Gedeihens der Pflanze darin befinden; allein diese Salze sind nicht die Ursache dieses Gedeihens, eben weil beide, der üppige Pflanzenwuchs und die Salpeterbildung, Wirkungen von einerlei in der Erde wirkenden Ursachen sind.

Das Ammoniak ist übrigens nicht die einzige Quelle der Salpeterbildung. Wir kennen in der Wirkung, welche der elektrische Funke auf die Bestandtheile der Luft, die gleichzeitig die Elemente der Salpetersäure sind, ausübt, noch eine zweite Quelle, die dem Anscheine nach sehr verbreitet ist.

Cavendish beobachtete zuerst, dass beim anhaltenden Hindurchschlagen von elektrischen Funken das Volumen der feuchten Luft abnimmt, dass sich hierbei eine in Wasser lösliche Säure bilde. Dieser grosse Naturforscher bewies in einer Reihe unzweifelhafter Versuche, dass durch den Einfluss der Elektrizität die Bestandtheile der Luft, der Sauerstoff mit dem Stickstoff sich zu Salpetersäure vereinigen.

Es ist nun sicher, dass der Blitz, der mächtigste elektrische Funke, den man kennt, wenn er bei einem Gewitter die feuchte Luft durchschneidet, eine Verbindung der Bestandtheile der Luft zu Salpetersäure zur Folge haben muss.

Der Stickstoff galt bisher als ein Stoff von sehr geringen Affinitäten, und alle seine Eigenschaften schienen gegen die Möglichkeit zu sprechen, dass der Stickstoff der Luft eine Verbindung einzugehen vermöge, durch welche er einen wesentlichen Antheil an dem Pflanzenleben nehmen kann; abgesehen von der Salpetersäure, welche beim Durchschlagen elektrischer Funken in der Atmosphäre entsteht.

Nachdem man ferner erfahren hatte, dass das Ammoniak, welches durch Fäulnisprocesses in die Luft gelangt, wenn es durch den Regen der Erde zugeführt worden ist, mit der Erde selbst eine Verbindung eingeht, wodurch es seine Flüchtigkeit verliert, und durch Verdunstung nicht wieder in die Atmosphäre zurückkehrt, so war die bis dahin angenommene Erklärung des constanten Ammoniakgehaltes der Luft und des Regenwassers zweifelhaft geworden; es musste eine Quelle existiren, durch welche die mit dem Regen niederfallende Salpetersäure und das Ammoniak ersetzt, und die Luft immer wieder von Neuem mit diesen beiden Stoffen versehen werde.

Die Anhäufung von Ammoniak in vielen Ackererden gab ferner zu erkennen, dass eine beständige Zufuhr von Ammoniak von aussen her statthatte, welches in den obersten Schichten des Bodens zurückgehalten wurde. Alle über den Ammoniakgehalt der Ackererde angestellten Versuche zeigen, dass die Ackerkrume immer sehr viel reicher ist an Ammoniak als die tieferen Schichten; während der Vegetation giebt die Acker-

krume sehr viel mehr Stickstoffnahrung ab als der Untergrund, ohne dass ihr Gehalt an Stickstoff durch diese Ursache darum abnimmt.

Wöhler hat nun die Entdeckung gemacht, dass der Stickstoff direct und unmittelbar mit Boron eine kaum durch die heftigste Hitze zersetzbare Verbindung eingeht, welche durch den Einfluss des Wasserdampfes in Borsäure und Ammoniak zerfällt; es war damit jedenfalls die Möglichkeit bewiesen, dass der Stickstoff der Luft überführbar sei in Ammoniak, aber für den Vegetationsprocess konnte diese Thatsache keine Bedeutung haben, da eine Ammoniakquelle aus Stickstoffbor, auch wenn sie zu irgend einer Zeit thätig gewesen ist, in der gegenwärtigen Zeit nicht existirt; es ist bekannt, dass die aus den heissen Dämpfen der Lagunen in Toscana fabrikmässig gewonnene Borsäure stets beträchtliche Mengen von Ammoniak enthält, und nicht unwahrscheinlich, dass dieses aus Stickstoffbor entstanden ist, allein was die Atmosphäre aus diesen Dämpfen möglicherweise empfangen könnte, ist dem Bedarf der Pflanzenwelt gegenüber vollkommen unerheblich.

In der neuesten Zeit hat Schönbein die bis dahin völlig unbekannte Quelle, welche die Atmosphäre mit Stickstoffnahrung für die Pflanzenwelt versieht, aufgefunden. In einem mit Versuchen begleiteten Vortrage, welchen Schönbein im April 1861 in München hielt, zeigte er dass der weisse Dampf, welchen Phosphor bei seiner langsamen Verbrennung in feuchter Luft bildet, salpetrigsaures Ammoniak enthalte, und er erklärte die Entstehung dieses Salzes durch die Annahme, dass der Stickstoff der Luft unter diesen Umständen mit den Elementen von 3 Aeq. Wasser eine Verbindung einzugehen vermöge und sich in dessen Bestandtheile theile, so zwar, dass auf der einen Seite Ammoniak und auf der anderen salpetrige Säure gebildet werde; 3 Aeq. Wasser bestehen aus:



Gleichzeitig theilte Schönbein die weitere Thatsache mit, dass alles aus der Atmosphäre fallende Wasser kleine Mengen Ammoniaknitrit (salpetrigsaures Ammoniak) enthalte.

Die Entstehung des Ammoniaknitrites bei der langsamen Verbrennung des Phosphors erweckte die Vermuthung, dass auch in anderen Verbrennungsprocessen die nämliche Verbindung gebildet werde, und dass der Verbrennungsprocess überhaupt eine Quelle der Entstehung dieser Ammoniakverbindung sein könne.

Theodor de Saussure hatte in dem bei der Verbrennung des Wasserstoffgases erzeugten Wasser Salpetersäure und Ammoniak gefunden (Annal. d. Chemie 71. 282), und von Schönbein ist im Jahre 1845 in einer akademischen Festschrift angegeben worden, dass bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen, Fetten etc. in atmosphärischer Luft eine oxydirende Materie zum Vorschein komme, welche die Indigolösung zu zerstören, den Jodkaliumkleister zu bläuen und noch andere Oxydationswirkungen hervorzubringen vermöge; die eigentliche Natur derselben

wurde von ihm damals nicht erkannt, und unentschieden gelassen, ob die oxydirenden Wirkungen der salpetrigen Säure oder einem anderen Körper angehörten.

Eine ganz ähnliche Beobachtung theilte Böttger in einer Sitzung der chemischen Section der Naturforscherversammlung in Speyer bezüglich einiger auffallenden Eigenschaften des beim Verbrennen von Wasserstoffgas in atmosphärischer Luft wie im Sauerstoffgase sich bildenden Wassers mit; dieses Wasser besitzt weder eine saure noch alkalische Reaction, und die Eigenschaft, aus einer ganz schwach mit verdünnter Schwefelsäure angesäuerten Lösung von Jodkalium augenblicklich Jod abzuscheiden; Schönbein, welcher in dieser Sitzung gegenwärtig war, glaubte sich zu der Annahme berechtigt, dass selbst, wenn fragliches Wasser die Siedhitze ohne Aenderung seiner Eigenschaften vertrage, dennoch immerhin Spuren von salpetrigsaurem Ammoniak darin enthalten sein könnten; Böttger gab später an, dass nicht allein dieses Wasser, sondern alles bei Verbrennung kohlenwasserstoffhaltiger organischer Stoffe gebildete Wasser kleine Mengen von salpetrigsaurem Ammoniak enthalte, dessen Gegenwart in dem Dampfe von brennenden Holz- und Steinkohlen von Schönbein nachgewiesen wurde. Kolbe hatte schon vor Böttger bemerkt, dass wenn man eine Wasserstoffgasflamme in dem offenen Halse eines mit Sauerstoff gefüllten Kolbens brennen lässt, sich der innere Raum desselben mit den rothen Dämpfen der salpetrigen Säure anfüllt.

Die von Schönbein bei der Verbrennung des Phosphors in der Luft beobachtete Thatsache der Bildung des salpetrigsauren Ammoniaks bekam hierdurch eine allgemeine Bedeutung, und es sind später von ihm neue Beobachtungen hinzugekommen, welche zu beweisen scheinen, dass nicht der Verbrennungsprocess an sich, sondern die hierbei sich entwickelnde Wärme die eigentliche Bedingung der Bildung dieses Salzes ist; die Erzeugung dieser Verbindung wird dadurch um so merkwürdiger, da sie unter Umständen vor sich geht, welche sie den vorliegenden Erfahrungen gemäss unmöglich machen sollten, indem salpetrigsaures Ammoniak in etwas concentrirter Lösung beim Kochen derselben geradeauf in Stickgas und Wasser zerfällt.

Erhitzt man nach Schönbein einen Platintiegel gerade so stark, dass auf den Boden desselben fallende Wassertropfen zischend abdampfen, und hält man über den unter diesen Umständen sich bildenden Dampf die Mündung einer kalten Flasche so lange, bis darin einige Grammen Wasser sich gesammelt haben, so findet man, dass diese Flüssigkeit mit einigen Tropfen schwacher Schwefelsäure angesäuert jodkaliumhaltigen Stärkekleister zu bläuen vermag; diese Reaction stellt sich nicht immer ein, auch wenn der Versuch scheinbar unter denselben Verhältnissen gemacht wird, und es ist offenbar, dass ein gewisser bestimmter Temperaturgrad erforderlich ist, um die Verbindung des Stick-

stoffs der Luft mit den Elementen des Wassers hervorzubringen, über und unterhalb welchem die Verbindung zersetzt wird oder nicht entsteht.

Der nämliche Versuch gelingt gleich gut in Gefässen von Kupfer, Silber, Eisen oder Thon, und da ausser einer höheren Temperatur, Wasserdampf und Luft keine andere Thätigkeit hier in Betracht genommen werden kann, so scheint damit der thatsächliche Beweis für die Bildung des salpetrigsauren Ammoniaks aus Wasser und Stickstoff geführt zu sein; so wenig auch die Menge des salpetrigsauren Ammoniaks betragen mag, die in jeder einzelnen Verbrennung gebildet wird, so sind diese Processe doch so umfang- und zahlreich, dass sich in ihnen die Hauptquelle des constanten Ammoniak- und Salpetersäuregehaltes der Luft oder des Regenwassers nicht verkennen lässt. Der Stickstoff der Luft nimmt, wie diese Beobachtungen zeigen, die man früher nicht kannte, thatsächlich Theil an dem Vegetationsprocess, nachdem er in salpetrigsaures Ammoniak übergegangen ist. Da die Salpetersäure der salpetersauren Salze von der Ackererde nicht absorbirt oder zurückgehalten wird und das Regenwasser einen constanten Gehalt an Salpeter- oder salpetriger Säure enthält, so sollte man denken, dass alles auf der Erde vorkommende Wasser salpetersaure Salze enthalten müsse, abgesehen natürlich von solchem Wasser, welches mit Erdschichten in Berührung war, worin Salpetersäurebildung statthat; die grosse Anzahl von Soolquellen und Mineralwasseranalysen, in denen die Salpetersäure nicht als Bestandtheil aufgeführt ist, sowie die Untersuchung der Salinenmutterlaugen, in denen jedenfalls nur ausserordentlich kleine, nicht bestimmbar Spuren von salpetersauren Salzen enthalten sind¹⁾, führt von selbst auf die Vermuthung, dass in der Erde selbst Ursachen wirken müssen, welche auf die entstandenen salpetersauren Salze wieder zerstörend einwirken.

Eine solche Zerstörung ist uns aus der Gährung der Runkelrübenzucker-Melassen wohlbekannt; der Saft der Runkelrübe enthält sehr häufig salpetersaure Salze, welche, wenn die Melassen zur Alkoholgewinnung verwendet werden, in der Gährung häufig die Entwicklung von Stickoxydgas veranlassen, welches an der Luft die bekannten rothen Dämpfe von salpetriger Säure bildet. Es ist eine bekannte Thatsache, dass in allen Flüssigkeiten, in welchen Salpetersäure mit Wasserstoff im Entstehungsmoment zusammenkommt, dieser die Salpetersäure in Wasser und Ammoniak überführt, so z. B. bei der Auflösung des Zinns in Salpetersäure, oder in einer schwachen Lösung eines salpetersauren Salzes, der man etwas Schwefelsäure und Zink oder Eisen zusetzt (Kuhlmann). Es giebt nun eine ganze Anzahl von Fäulniss- und Gährungsprocessen, in welchen sich ebenfalls Wasserstoff, häufig Schwefelwasserstoff entwickelt, und es kann der Fall eintreten, dass sich auch in diesen bei Gegenwart

¹⁾ Manche dieser Mutterlaugen, z. B. die Rosenheimer, geben bei Zusatz von Salzsäure und Jodstärkemehl durch die entstehende Bläunung einen schwachen Salpetersäuregehalt zu erkennen.

von salpetersauren Salzen aus der Salpetersäure bildet, freilich nur in dem Falle, wenn das Ammoniak eine Säure vorfindet, mit welcher es eine Verbindung eingehen kann; die Melassen, welche bei der Gährung Stickoxydgas entwickeln, sind neutral oder etwas alkalisch, und es kann die Bildung desselben durch einen schwachen Säurezusatz verhindert werden.

Die Umwandlung von salpetersauren Salzen in salpetrigsaure ist von Goppelsröder in humusreicher Ackererde beobachtet worden, so wie man denn aus den Versuchen von Schönbein weiss, mit welcher Leichtigkeit die Salpetersäure in neutralen salpetersauren Salzen durch Stoffe, welche Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, z. B. wenn man ihre Lösung in Berührung mit Zink und anderen Metallen stehen lässt, in salpetrige Säure verwandelt wird. Bei der Befruchtung einer humusreichen Ackererde mit Salpeterlösung konnte schon nach 18 Stunden eine sehr grosse Menge von salpetrigsaurem Salze in dem wässrigen Auszug der Erde erkannt werden; eine Ackererde eines Runkelrübenfeldes in der Nähe von Basel zeigte in eminentem Grade diese reducirende Eigenschaft; stand dieselbe auch nur einen Tag mit Salpeterlösung zusammen, so war der grösste Theil des Salpeters in Nitrit umgewandelt. Im Widerspruch damit bemerkte Goppelsröder, dass die nämliche Erde, welche den Salpeter in salpetrigsaures Kali verwandelte, eine Menge salpetersaure Salze enthielt, wahrscheinlich nur salpetersauren Kalk und salpetersaure Magnesia, welche demnach unter denselben Verhältnissen nicht zersetzt zu werden scheinen.

Eine Runkelrübe, welche in einer von Nitraten freien Erde wächst, die man von Zeit zu Zeit mit einer schwachen Lösung von salpetrigsaurem Kali begiesst, enthält in ihrem Saft nur salpetersaure Salze, keine salpetrigsauren (Goppelsröder).

Auf der anderen Seite steht die schon angeführte Beobachtung von Schönbein, dass der ausgepresste Saft von *Lactuca sativa* und *Leontodon taraxacum* mit Jodstärkekleister und etwas Schwefelsäure vermischt, eine starke blaue Färbung durch Jodausscheidung giebt.

Nach einer brieflichen Mittheilung von Schönbein wird das salpetrigsaure Ammoniak sowohl durch unorganische als organische Substanzen, z. B. durch Cellulose, reducirt, d. h. es wirkt als Oxydationsmittel auf sie ein, und alle diese Thatssachen zusammengenommen geben zu erkennen, wie unbekannt wir bis jetzt mit den Vorgängen in der Ackererde geblieben sind und wie nothwendig es ist, sie genauer zu studiren, um Aufschluss über den Vegetationsprocess und die Wirkung der Düngmittel zu erlangen. —

Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure und Wasser enthalten in ihren Elementen, wie sich aus dem Vorhergehenden ergibt, die Bedingungen zur Erzeugung aller Thier- und Pflanzenstoffe während ihres Lebens. Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure und Wasser sind die letzten Producte des ehemischen Processes ihrer Fäulniss und Verwe-

sung. Alle die zahllosen, in ihren Eigenschaften so unendlich verschiedenen Producte der Lebenskraft nehmen nach dem Tode die ursprünglichen Formen wieder an, aus denen sie gebildet worden sind. Der Tod, die völlige Auflösung einer untergegangenen Generation, ist die Quelle des Lebens für eine neue.

Sind die genannten Verbindungen, kann man nun fragen, die einzigen Bedingungen des Lebens aller Vegetabilien? Diese Frage muss entschieden verneint werden.

Der Ursprung des Schwefels.

Alle Bestandtheile des Thierkörpers, die Muskelfaser, das Zellgewebe, die organische Substanz der Knochen, Haut und Haare u. s. w. bilden sich, wie die Physiologie lehrt, aus der in allen Theilen des Organismus circulirenden Flüssigkeit, die man Blut nennt.

Aus den Bestandtheilen des Blutes entspringen die Bestandtheile aller thierischen Gebilde, sie werden den Thieren von den Pflanzen geliefert. Das fleischfressende Thier lebt und ernährt sich von dem Blute und dem Fleische der pflanzenfressenden Thiere; es verzehrt in diesen die Bestandtheile der Pflanzen, von denen die letzteren sich ernährt haben.

Genauere chemische Untersuchungen haben dargethan, dass die Hauptbestandtheile des Blutes zwei schwefelhaltige Verbindungen sind, von denen die eine mit Albumin, die andere mit Fibrin bezeichnet werden.

Beim Schlagen von frisch gelassenem Blute mit einer Ruthe oder einem Stabe scheidet sich das Fibrin aus dem Blute in der Form von weissen, sehr elastischen Fäden ab, beim ruhigen Stehen des Blutes tritt ebenfalls eine Scheidung ein; es gerinnt zu einer Gallerte, die sich nach und nach zusammenzieht, und trennt sich in eine Flüssigkeit von schwach gelblicher Farbe in Blutserum, Blutwasser, und in ein Netzwerk von unendlich feinen Fibrinfäden, welche wie ein Schwamm den Farbstoff des Blutes, die sogenannten Blutkörperchen, in sich einschliessen.

Das Albumin ist vorzüglich in dem Serum enthalten, es ertheilt dieser Flüssigkeit das Vermögen, in der Hitze zu einer weissen, festen, elastischen Masse zu gerinnen, eine Eigenschaft, die von dem Eiweiss, was ebenfalls hauptsächlich aus Albumin besteht, allgemein bekannt ist.

Aus der Circulation genommen, stellt sich das Fibrin als eine in kaltem Wasser völlig unlösliche Verbindung dar.

Das Albumin im Serum und im Eiweiss ist im natürlichen Zustande im Wasser löslich, und damit in allen Verhältnissen mischbar.

Als ein von dem Organismus des lebendigen Thieres erzeugter und zur Blutbildung dienender Stoff muss hier noch der Hauptbestandtheil

der Milch, das Casein, aufgeführt werden, die einzige stickstoffhaltige Nahrung, welche das junge Thier von seiner Mutter empfängt.

Albumin, Fibrin und Casein zeichnen sich vor allen anderen Thierbestandtheilen durch einen constanten Gehalt an Schwefel aus, der darin nicht in der Form eines Oxydes, von Schwefelsäure oder einem schwefelsauren Salze enthalten ist. Von dem Albumin der Vögel ist es bekannt, dass es beim Faulen Schwefelwasserstoffgas entwickelt, wodurch Silber, überhaupt Metalle, die man damit in Berührung bringt, geschwärzt, d. h. an ihrer Oberfläche in Schwefelmetalle verwandelt werden. Fibrin und Casein entwickeln ebenfalls in dem Processe der Fäulniss Schwefelwasserstoffgas; es lässt sich bei diesen drei Körpern durch viele andere Mittel der Schwefelgehalt darthun.

Wo kommen nun, kann man fragen, diese drei Grundstoffe des Thierkörpers her? Dass sie von der Nahrung, dass sie von den Pflanzen stammen, ist unzweifelhaft, aber in welcher Form, in welchem Zustande sind sie in den Pflanzen enthalten?

Auch über diese Fragen haben in der neuesten Zeit die Untersuchungen der Chemiker ein klares unzweideutiges Licht verbreitet.

Die Pflanzen enthalten nämlich in den Samen oder Wurzeln abgelagert oder im Saft gelöst, in sehr verschiedenen und wechselnden Mengen, gewisse Schwefelverbindungen, in denen der Stickstoff als Bestandtheil niemals fehlt.

Wir haben zwei dieser Schwefelverbindungen in den Samen der Getreidearten, den Samenlappen der Leguminosen, der Erbsen, Linsen und Bohnen, nie fehlt in dem Saft der Pflanzen eine dritte, welche vorzüglich und in reichlichster Menge in den Gemüsepflanzen enthalten ist.

Die genaue Erforschung der Eigenschaften sowie ihre Zusammensetzung hat nun das merkwürdige Resultat ergeben, dass die in dem Saft der Pflanzen gelösten schwefelhaltigen Bestandtheile der Pflanzen identisch sind und die nämliche Zusammensetzung besitzen, wie die Blutbestandtheile, dass zuletzt der in den Erbsen, Bohnen und Linsen enthaltene Hauptnahrungsstoff ein gleiches Verhalten und eine gleiche Zusammensetzung mit dem Casein der Milch zeigt.

Diese schwefelhaltigen Blutbestandtheile werden also nicht von dem Thiere, sondern von den Pflanzen erzeugt; wenn sie in der Nahrung des Thieres fehlen, so kann kein Blut gebildet werden; je mehr davon in einem Pflanzenstoffe vorhanden sind, desto nahrhafter, desto geeigneter ist er für die Unterhaltung des animalischen Lebensprocesses. Wir haben ferner in gewissen Pflanzenfamilien, in den Cruciferen, neben den genannten noch besondere schwefelhaltige Verbindungen, welche weit reicher sind an Schwefel, als die in den Pflanzen enthaltenen Blutbestandtheile.

Besonders ausgezeichnet in dieser Hinsicht ist der schwarze Senfsamen, der Meerrettig, der Lauch, die Zwiebeln, das Löffelkraut. Aus

allen diesen Pflanzen erhält man durch Destillation mit Wasser flüchtige Oele, die sich durch ihren stechenden und durchdringenden Geruch von allen nicht schwefelhaltigen organischen Verbindungen unterscheiden.

Da nun schwefelhaltige Verbindungen in keiner Pflanze, in keinem Samen fehlen, und die Culturpflanzen, welche zur Nahrung der Menschen und Thiere dienen, ganz besonders reich an diesen Bestandtheilen sind, so ergiebt sich von selbst, dass zur Entwicklung einer Pflanze eine Schwefelverbindung unentbehrlich ist, welche diesen Verbindungen den Schwefel liefert.

Es ist klar, dass wenn es der Pflanze, alle anderen Bedingungen des Wachstums als gegeben vorausgesetzt, an der geeigneten Schwefelverbindung gänzlich fehlt, dass sich diese schwefelhaltigen Bestandtheile nun nicht, oder nur eine der dargebotenen Schwefelverbindung entsprechende Menge derselben werden erzeugen können. Ausser kleinen kaum nachweisbaren Spuren von Schwefelwasserstoff kann die Luft keine Schwefelverbindung enthalten und diese werden fortwährend zerstört; der Schwefelwasserstoff kann neben dem Sauerstoff nicht bestehen, sein Wasserstoff wird unter Abscheidung des Schwefels oxydirt. Es kann demnach nur der Boden sein, welcher den zum Gedeihen der Pflanze nothwendigen Schwefel liefert; ausser durch die Wurzeln kennen wir keine andere Form, durch welche die Aufnahme des Schwefels vermittelt wird.

In Beziehung auf die Form, in welcher Schwefelverbindungen im Boden vorkommen, geben uns die Analysen von zahllosen Mineralquellen einen sehr befriedigenden Aufschluss. Alle diese Wasser stammen von der Erdoberfläche, es ist Regenwasser, was in Gebirgen fallend durch die Erde sickert und sich aller löslichen Materien, denen es auf seinem Wege begegnet, bemächtigt; sie lösen sich darin auf und ertheilen ihm Eigenschaften, welche das reine Wasser nicht besitzt.

Unter den in dem Quell- und Brunnenwasser gelösten Materien finden sich als sehr selten fehlende Bestandtheile schwefelsaure Salze; die durch Auslaugen von fruchtbarer Garten- und Ackererde erhaltene Flüssigkeit enthält stets bestimmt nachweisbare Mengen von diesen Salzen.

Wir können demnach über den Ursprung des Schwefels in den Pflanzen kaum zweifelhaft sein; so weit unsere Kenntniss reicht, stammt der Schwefel von schwefelsauren Salzen, welche, im Wasser gelöst, durch die Wurzeln von der Pflanze aus dem Boden aufgenommen werden.

Von dem Absorptionsvermögen des Bodens, von einem, man kann sagen nie fehlenden Bestandtheile der Quellwasser, vom sauren kohlensauren Kalke rührt es her, dass wir so selten Ammoniaksalze, namentlich schwefelsaures Ammoniak, in den Mineralquellen finden; das Ammoniak wird von dem Boden absorbirt, bei den Processen der Analyse, beim Verdampfen des Wassers, erfährt etwa noch vorhandenes Ammo-

niaksalz durch den kohlensauren Kalk eine Zerlegung, in deren Folge das Ammoniak verflüchtigt wird.

Die nach unserer Vorstellung für die Assimilation geeignetste Schwefelverbindung ist unstreitig das schwefelsaure Ammoniak. Dieses Salz enthält zwei Elemente, welche für das Leben der Pflanze gleich nothwendig sind, nämlich Schwefel und Stickstoff; beide sind Bestandtheile des Pflanzen-Albumins, -Fibrins und -Caseins, und was noch bemerkenswerther ist, das schwefelsaure Ammoniak kann den Elementen nach als eine Verbindung von Wasser mit gleichen Aequivalenten Schwefel und Stickstoff angesehen werden, in der Art also, dass, durch eine blossе Trennung oder Ausscheidung der Elemente von Wasser, Schwefel und Stickstoff in einen Bestandtheil der lebendigen Pflanze überzugehen vermögen.

Auf ein Aequivalent Schwefel enthalten die schwefelhaltigen Bestandtheile der Pflanzen nahe an acht Aequivalente Stickstoff; es ist klar, dass den Organen der Pflanze weit mehr Ammoniak, als in dem schwefelsauren Ammoniak vorhanden ist, dargeboten werden muss, wenn aller Schwefel des Ammoniaksalzes übergehen soll in einen Bestandtheil der organischen Schwefelverbindung.

Es findet hierbei ein ganz ähnliches Verhältniss statt, wie in der Assimilation des Kohlenstoffs und Stickstoffs, der den Pflanzen als kohlensaures Ammoniak zugeführt wurde; zu dem letzteren (angenommen, es enthielte 2 Aeq. Kohlenstoff auf 1 Aeq. Stickstoff) muss nothwendig der Kohlenstoff von 6 Aeq. Kohlensäure gleichzeitig hinzugezogen werden und in Verbindung mit dem einen Aequivalent Stickstoff treten, wenn einer der stickstoffhaltigen Hauptbestandtheile der Pflanzen gebildet werden soll, denn diese enthalten auf 1 Aequivalent Stickstoff 8 Aeq. Kohlenstoff.

Der Uebergang des Schwefels eines schwefelsauren Salzes zu einem Bestandtheile eines Pflanzenstoffs setzt nothwendig voraus, dass die Schwefelsäure durch die nämlichen Ursachen, welche die Assimilation des Kohlenstoffs der Kohlensäure in der Pflanze bewirken, zerlegt wird in Sauerstoff, der sich abscheidet, und in Schwefel, der in Verbindung tritt. Denken wir uns die Schwefelsäure zugeführt in der Form von schwefelsaurem Kali oder Natron, so werden diese Basen nach der Zerlegung der Schwefelsäure in Freiheit gesetzt werden.

Wir finden nun, dass diese Basen Bestandtheile aller Cultur- und der meisten wildwachsenden Pflanzen ausmachen, wir finden sie darin entweder mit organischen Säuren oder, was noch bemerkenswerther ist, mit den schwefelhaltigen Bestandtheilen der Pflanzen selbst verbunden.

Das vegetabilische Casein in den Samenlappen der Leguminosen ist für sich nicht im Wasser löslich, in dem Zustande aber, in welchem es in den Pflanzen enthalten ist, löst es sich leicht im Wasser. Diese Löslichkeit verdankt es einem Gehalte von Kali und Natron.

So findet sich denn das Albumin in den Pflanzensäften stets mit Natron oder Kali vereinigt, und wir müssen uns denken, dass der im

Wasser nicht lösliche Bestandtheil der Cerealien, das Pflanzenfibrin, ursprünglich ebenfalls löslich war und durch Vermittelung eines Alkalis in die Samen gelangte.

Das Natron und Kali der schwefelsauren Alkalien, welche den schwefelhaltigen Bestandtheilen der Pflanzen den Schwefel lieferten, bleiben also entweder in Verbindung mit diesen Stoffen, oder sie gehen eine neue Verbindung ein, oder sie kehren in den Boden zurück.

Das am meisten verbreitete schwefelsaure Salz ist aber Gyps (schwefelsaurer Kalk), er kann seiner Löslichkeit wegen entweder direct in die Pflanze übergehen oder, durch Umsetzung, die Schwefelsäure in der Form von schwefelsauren Alkalien eintreten.

Eine Auflösung von Gyps, welche Kochsalz oder Chlorkalium enthält, sowie das Seewasser und die meisten Quellwasser, kann angesehen werden als eine Mischung eines schwefelsauren Alkalis mit Chlorcalcium.

Es ist klar, dass wenn wir einer Pflanze Gyps und Kochsalz gleichzeitig zuführen, so wird sie sich gegen diese Auflösung genau so verhalten, wie wenn wir ihr schwefelsaures Natron und Chlorcalcium zugeführt hätten. Für die Bildung ihrer schwefelhaltigen Bestandtheile wird der Schwefel und das Alkali des schwefelsauren Salzes in ihrem Organismus zurückbleiben.

In den Seepflanzen geht, wie wir mit Bestimmtheit wissen, diese Zersetzungsweise vor sich; das Natron oder Kali stammt vom Kochsalz oder Chlorkalium her, welches in Gegenwart des schwefelsauren Kalks oder der Bittererde eine Zerlegung erfährt. Dasselbe muss für die Getreidearten und alle Pflanzen, welche wenig Kalk enthalten, angenommen werden, denen der Schwefel in der Form von Gyps zugeführt worden ist, und der Nutzen des Kochsalzes für manche Pflanzengattungen findet, wenigstens theilweise, hierin eine Erklärung.

Die mineralischen Bestandtheile der Vegetabilien¹⁾.

Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure) und Wasser können von keiner Pflanze entbehrt werden, eben weil sie die Elemente enthalten, woraus ihre Organe bestehen; aber zur Aneignung dieser Elemente, zur

¹⁾ Verschiedene Schriftsteller haben angenommen, dass die mineralischen Substanzen, welche man in den Vegetabilien findet, darin nur zufällig und durchaus nicht zu ihrer Existenz nothwendig seien, weil sie selbige nur in äusserst geringer Menge enthielten. Diese Meinung, vielleicht wahr in Hinsicht auf die Stoffe, welche nicht immer in der nämlichen Pflanze gefunden

Ausbildung gewisser Organe zu besonderen Verrichtungen, eigenthümlich für jede Pflanzenfamilie, gehören noch andere Materien, welche die Pflanze von dem Boden empfängt.

Wir finden diese Materien, welche feuerbeständig sind, wiewohl in verändertem Zustande, in der Asche der Pflanzen wieder.

Von diesen feuerbeständigen Bestandtheilen sind viele veränderlich, je nach dem Boden, auf dem die Pflanzen wachsen; allein eine gewisse Anzahl davon kommt beständig in den Pflanzen vor.

In den Samen aller Grasarten, der Erbsen, Bohnen, Linsen fehlen niemals phosphorsaure Alkalien und Erden; aus dem Weizenmehl gehen sie in das Brot, die Salze der Gerste gehen in das Bier über. Die Kleie des Mehls enthält eine grosse Menge phosphorsaure Bittererde, und es ist dieses Salz, welches die Bildung der oft mehrere Pfunde schweren Steine im Blinddarm der Müllerpferde, und im Biere, beim Vermischen mit Ammoniak, einen weissen Niederschlag veranlasst.

Die meisten, man kann sagen alle Pflanzen enthalten organische Säuren von der mannigfaltigsten Zusammensetzung und Eigenschaften; alle diese Säuren sind an Basen gebunden, an Kali, Natron, Kalk oder Bittererde, nur wenige Pflanzen enthalten freie organische Säuren. Keine Pflanze existirt ohne Eisen; manche enthält Mangan als beständigen Bestandtheil; in vielen Pflanzenaschen macht die Kieselsäure die Hauptmasse aus; Chlorverbindungen finden sich fast in allen Pflanzen; die Meeresvegetation zeigt stets einen Gehalt an Jodverbindungen.

Einmal das constante Vorkommen gewisser Aschenbestandtheile in den Pflanzen festgestellt lag die Frage nahe: sind diese Stoffe nothwendig zum pflanzlichen Gedeihen? Diese Frage muss heute bejaht werden, — bestimmte Aschenbestandtheile sind für die Entwicklung der Pflanzen unentbehrlich.

In den verschiedenen Pflanzenfamilien finden wir die verschiedensten Säuren; Niemand kann nur entfernt die Ansicht hegen, dass ihre Gegenwart, dass ihre Eigenthümlichkeit ein Spiel des Zufalls sei. Die Fumarsäure, die Oxalsäure in den Flechten, die Chinasäure in den Rubiaceen, die Roccellsäure in der *Rocella tinctoria*, die Weinsäure in den Weintrauben, und die zahlreichen anderen organischen Säuren, sie müssen in dem Leben der Pflanze zu gewissen Zwecken dienen. Das Bestehen einer Pflanze kann ohne ihre Gegenwart nicht gedacht werden.

werden, ist indess nicht für die bewiesen, welche constant darin vorkommen; ihre geringe Menge ist kein Zeichen ihrer Unnützlichkeit. Die in einem Thiere enthaltene Menge phosphorsaurer Kalkerde macht noch nicht den fünften Theil seines Gewichtes aus, Niemand zweifelt indessen, dass dieses Salz für den Bau seiner Knochen nicht wesentlich sei. Ich habe dieses Salz in den Aschen aller Pflanzen, die ich untersuchte, gefunden, und wir haben keinen Grund zu behaupten, dass sie ohne dasselbe existiren können (de Saussure, p. 241).

In dieser Voraussetzung aber, welche für unbestreitbar gehalten werden darf, ist irgend eine alkalische Basis ebenfalls eine Bedingung ihres Lebens, denn alle diese Säuren kommen in der Pflanze als neutrale oder saure Salze vor. Es giebt keine Pflanze, welche nicht nach dem Einäschern eine kohlen säurehaltige Asche hinterlässt, keine also, in welcher pflanzensaure Salze fehlen; nur in denjenigen Pflanzenaschen, welche reich an Kieselsäure und Phosphorsäure sind, bleibt die Kohlen säure nach dem Glühen nicht zurück, indem sie durch die Kieselsäure oder die Phosphorsäure ausgetrieben wird.

Alle Grasarten und Equisetaceen z. B. enthalten eine grosse Menge Kieselsäure und Kali, abgelagert in dem äusseren Saume der Blätter und in dem Halme als saures kieselsaures Kali; auf einem Getreidefelde ändert sich der Gehalt an diesem Salze nicht merklich, wenn es ihm in der Form von Dünger, als verwestetes Stroh, wieder zugeführt wird.

Ganz anders stellt sich dieses Verhältniss auf einer Wiese; nie findet sich auf einem kaliarmen Sand- oder reinem Kalkboden ein üppiger Graswuchs; denn es fehlt ihm ein für die Pflanze durchaus unentbehrlicher Bestandtheil. Basalte, Klingstein, Thonschiefer, Grauwacke, Porphyry geben unter gleichem Verhältnisse durch ihre Verwitterung den besten Boden zu Wiesen ab, eben weil diese Gebirgsarten reich an Alkalien sind.

Die Asche der Tabakpflanze, des Holzes der Weinrebe, der Erbsen und des Klees enthält eine grosse Menge Kalk. Diese Pflanzen gedeihen nicht auf einem Boden, worin der Kalk fehlt; ihre Entwicklung wird befördert, wenn dem an Kalk armen Boden Kalksalze zugesetzt werden, und wir haben allen Grund zu glauben, dass ihre üppige Entwicklung wesentlich an die Gegenwart des Kalkes gebunden ist. Dasselbe muss angenommen werden für die Magnesia, die in vielen Pflanzen (Kartoffeln, Runkelrüben etc.) als nie fehlender Bestandtheil vorkommt.

Von einer Erzeugung von Alkalien, Metalloxyden und anorganischen Stoffen überhaupt kann nach diesen so wohl bekannten That sachen keine Rede sein.

Man findet es bewunderungswürdig, dass die Grasarten, deren Samen zur Nahrung dienen, dem Menschen wie ein Hausthier folgen. Sie folgen dem Menschen, durch ähnliche Ursachen gezwungen, wie die Salzpflanzen dem Meeresstrande und den Salinen, die Chenopodien den Schutthaufen etc.; so wie die Mistkäfer auf die Excremente der Thiere angewiesen sind, so bedürfen die Salzpflanzen des Kochsalzes, die Schuttpflanzen des Ammoniaks und salpetersaurer Salze. Keine von unseren Getreide- und Gemüsepflanzen kann aber ausgebildete Samen tragen, Samen, welche Mehl geben, ohne eine reichliche Menge von phosphorsauren Alkalien und phosphorsaure Bittererde, ohne Ammoniak zu ihrer Ausbildung vorzufinden. Diese Samen entwickeln sich nur in einem Boden, wo diese drei Bestandtheile sich vereinigt befinden, und kein

Boden ist reicher daran als Orte, wo Menschen und Thiere familienartig zusammenwohnen; sie folgen dem Urin, den Excrementen derselben, weil sie ohne deren Bestandtheile nicht zum Samentragen kommen.

Wenn wir Salzpflanzen mehrere hundert Meilen von dem Strande des Meeres entfernt in der Nähe unserer Salinen finden, so wissen wir, dass sie auf dem natürlichsten Wege dahin gelangen; Samen von Pflanzen werden durch Winde, Vögel, Meeresströmungen über die ganze Oberfläche der Erde verbreitet, aber sie entwickeln sich nur da, wo sich die Bedingungen ihres Lebens vorfinden.

In den Soolenkasten der Gradirgebäude auf der Saline Salzhausen bei Nidda finden sich zahlreiche Schaaren kleiner nicht über zwei Zoll langer Stachelfische (*Gasterosteus aculeatus*). In den Soolenkasten der sechs Stunden davon entfernten Saline Nauheim trifft man kein lebendes Wesen an, aber die letztere ist überreich an Kohlensäure und Kalk, ihre Gradirwände sind bedeckt mit Stalaktiten; in dem einen Wasser sind die in irgend einer Weise hingebraachten Eier zur Entwicklung gekommen, in dem anderen nicht.

Wenn man erwägt, dass das Meerwasser weniger als ein Milliontheil seines Gewichts an Jod enthält, dass alle Verbindungen des Jods mit Alkalimetallen in hohem Grade löslich im Wasser sind, so muss man nothwendig in dem Organismus der Seetangen, der Fucusarten eine Ursache voraussetzen, welche diese Pflanzen bestimmt, während ihres Lebens das Jod in der Form eines löslichen Salzes dem Meerwasser zu entziehen und in der Weise zu assimiliren, dass es in das umgebende Medium nicht wieder zurückkehren kann; diese Pflanzen sind für das Jod ähnliche Sammler, wie die Landpflanzen für die Alkalien, sie sind es, welche uns Quantitäten von Jod liefern, deren Gewinnung aus dem Seewasser die Verdampfung ganzer Seen vorausgehen müsste.

Wir setzen voraus, dass die Seepflanzen Jodmetalle zu ihrer Entwicklung bedürfen, und dass ihr Bestehen an deren Vorhandensein geknüpft ist. Mit demselben Rechte schliessen wir von der nie fehlenden Gegenwart der Alkalien und alkalischen Erden, der phosphorsauren Verbindungen etc. in der Asche der Landpflanzen, überhaupt der Pflanzen, auf ihre Nothwendigkeit für die Entwicklung derselben während ihres Lebens.

In der That wären die genannten anorganischen Bestandtheile zum Bestehen der Gewächse nicht unentbehrlich, sie würden am allerwenigsten in den wildwachsenden Pflanzen zu finden sein.

Eine Pflanze wirkt auf den Boden, in welchem sie wächst, durch ihre Wurzeln, wie eine mächtige Saugpumpe ein und nimmt, wenn wir sie mit Auflösungen verschiedener Salze begiessen, sehr viele davon auf, selbst solche, die für ihre Lebenszwecke nicht nothwendig sind. Man versteht, wenn wir nun solche Pflanzen in diesem Zustande verbrennen, dass wir die unverbrennlichen Bestandtheile dieser Salze in ihrer Asche finden werden; aber ihre Gegenwart ist in diesem Falle rein zufällig,

es kann hieraus kein Schluss gegen die Nothwendigkeit des Vorhandenseins der anderen Aschenbestandtheile gezogen werden. Wir wissen aus den Versuchen von Macaire-Princep, dass Pflanzen, die man mit ihren Wurzeln in schwachen Auflösungen von essigsauerm Bleioxyd und sodann in Regenwasser vegetiren liess, dass das letztere von denselben essigsaueres Bleioxyd wieder empfangt, dass sie also dasjenige wieder dem Boden zurückgeben, was zu ihrer Existenz nicht nothwendig ist.

Begossen wir eine Pflanze, die im Freien dem Sonnenlichte, dem Regen und der Atmosphäre ausgesetzt ist, mit einer Lösung von salpetersauerm Strontian, so wird das anfangs aufgenommene, aber durch die Wurzeln wieder abgeführte Salz bei jeder Benetzung des Bodens durch Regen von den Wurzeln weiter entfernt; nach einiger Zeit wird die Pflanze keine Spur mehr davon enthalten (Daubeny).

Berthier, einer der schärfsten und genauesten Analytiker, fand, dass die Asche einer Tanne, die in Norwegen auf einem Boden gewachsen war, dessen Bestandtheile sich nie ändern, kein Kochsalz enthielt, obwohl diesem Boden durch Regenwasser lösliche Salze, darunter vorwiegend Kochsalz, zugeführt worden waren; mit dem Regenwasser musste aber die Tanne Kochsalz aufgenommen haben.

Wir erklären uns die Abwesenheit des Kochsalzes durch directe und positive Beobachtungen, die man an anderen Pflanzen gemacht hat, indem wir sie der Fähigkeit ihres Organismus zuschreiben, Alles dem Boden wieder zurückzugeben, was nicht zu seinem Bestehen nöthig ist. — Die Ausscheidung von Kali (Knop, Stohmann) und Salzsäure (G. Kühn), welche in der Pflanze aus salpetersauerm Kali und Chlorammonium abgeschieden, aber nicht verwendet wurden, gehört gleichfalls hierher.

Die im Vorhergehenden mitgetheilten Thatsachen richtig aufgefasst, ist die völlige Entwicklung einer Pflanze abhängig von der Gegenwart gewisser, constant in ihr vorkommenden Aschenbestandtheile. Mit ihrer gänzlichen Abwesenheit muss ihrer Ausbildung eine bestimmte Grenze gesetzt sein; beim Mangel an diesen Stoffen wird ihre Ausbildung gehemmt sein.

Aber man hat noch andere, ganz directe Beweise für die Unentbehrlichkeit der genannten anorganischen Bestandtheile beim pflanzlichen Entwicklungsprocess: sie sind die zahlreichen, bis in die neueste Zeit fortgesetzten Versuche, in welchen man Pflanzen mit den Aschenbestandtheilen und ohne dieselben, unter sonst gleichen Bedingungen, wachsen liess. Diese Versuche hatten sich eine doppelte Aufgabe gestellt; sie wollten nicht allein die Nothwendigkeit der Aschenbestandtheile für das Leben der Pflanze im Allgemeinen erweisen, sondern auch die besonderen Functionen, welche die einzelnen Aschenbestandtheile im Pflanzenleibe zu erfüllen haben, aufklären. Freilich ist bis jetzt nur das Erstere geschehen; bezüglich des Letzteren sind wir noch weit davon entfernt, etwas Genaueres über die Verrichtungen der Aschenbestandtheile

im pflanzlichen Organismus, über ihre Beziehungen zur Bildung und Umbildung der organischen Pflanzenbestandtheile zu wissen; die angestellten Versuche und Untersuchungen ergaben nur Fingerzeige und Andeutungen, die wichtig für die weitere Forschung sind.

Die Versuche von de Saussure und verschiedenen älteren Naturforschern haben dargethan, dass die Samen von Wicken, Bohnen, Erbsen und Gartenkresse (*Lepidium sativum*) in feuchtem Sande, in feuchterhaltenen Pferdehaaren keimen und bis zu einem gewissen Grade sich entwickeln; wenn aber die in dem Samen enthaltenen Mineralsubstanzen zur weiteren Ausbildung nicht mehr hinreichen, so fangen sie an zu schwächen, sie blühen zuweilen, setzen aber meistens keinen Samen an. — Ganz dasselbe Resultat ergaben die späteren Versuche (1842) von Wiegmann und Polstorf; diese Versuche sind von besonderem Interesse, da sie die ersten sind, durch welche in völlig überzeugender Weise die Nothwendigkeit der Aschenbestandtheile für das Leben der Pflanze bewiesen worden ist.

Wiegmann und Polstorf führten ihre Vegetationsversuche in einem weissen Quarzsande und in sogenannter künstlicher Ackererde aus. Der Quarzsand war geglüht, mit Königswasser ausgekocht und sorgfältig durch Waschen mit destillirtem Wasser von aller Säure befreit ¹⁾.

Die künstliche Ackererde bestand aus gereinigtem Quarzsande, welchem die Aschenbestandtheile der Pflanzen in verschiedenen Verbindungen zugesetzt worden waren. ²⁾

1) Trotz dieser eingreifenden Behandlung enthielt der Sand noch geringe Mengen unzersetzter Silicate, seine Zusammensetzung in 100 Theilen war:

| | |
|-----------------------|-------------|
| Kieselsäure | 97,90 |
| Kali | 0,30 |
| Thonerde | 0,80 |
| Eisenoxyd | 0,30 |
| Kalk | 0,50 |
| Magnesia | 0,01 |
| | <hr/> 99,81 |

2) Die Mischung bestand aus:

| | |
|-------------------------------|--------|
| Quarzsand | 861,26 |
| Schwefelsaurem Kali | 0,34 |
| Kochsalz | 0,13 |
| Gyps (wasserfrei) | 1,25 |
| Geschlämmter Kreide | 10,00 |
| Kohlensaurer Bittererde . . . | 5,00 |
| Manganoxyd | 2,50 |
| Eisenoxyd | 10,00 |
| Thonerdehydrat | 15,00 |
| Phosphorsaurem Kalk | 15,60 |
| Torfsaurem Kali | 3,41 |
| „ Natron | 2,22 |
| „ Ammoniak | 10,29 |

Die Versuchspflanzen waren Wicken (*Vicia sativa*), Gerste (*Hordeum vulgare*), Hafer (*Avena sativa*), Buchweizen (*Polygonum Fagopyrum*), Tabak (*Nicotiana Tabacum*) und Wiesenklees (*Trifolium pratense*).

Alle Samen — die im reinen Sande und die in der künstlichen Ackererde — keimten und die jungen Pflänzchen, welche mit ammoniakfreiem destillirtem Wasser begossen wurden, wuchsen weiter, freilich in sehr verschiedener Weise.

Die Entwicklung der Pflanzen in reinem Sand war eine ärmliche; auch nicht eine einzige der Versuchspflanzen brachte es zur Samenbildung. Gerste und Hafer erreichten eine Höhe von $1\frac{1}{2}$ Fuss, kamen zur Blüthe, setzten aber keinen Samen an und welkten nach der Blüthe ab. *Vicia sativa* erreichte eine Höhe von 10 Zoll, blühte, setzte Schoten an, allein sie enthielten keinen Samen. Der Klee, welcher am 5. Mai schon aufgelaufen war, hatte am 15. October erst die Höhe von 5 Zoll.

Tabak, in diesen Sand gesäet, entwickelte sich ganz normal, allein vom Juni bis October erreichten die Pflänzchen nur die Höhe von 5 Zoll; sie erhielten nur vier Blätter, keinen Stengel.

Von allen Pflanzen schien der Buchweizen am besten im reinen Sande zu gedeihen; er hatte schon Ende Juni eine Höhe von $\frac{1}{2}$ Fuss, verästelte sich bedeutend und fing am 28. Juni an zu blühen; allein dieses Blühen dauerte fort, ohne dass es zum Ansätze von Früchten kam.

Sehr verschieden war dagegen die Vegetation in der künstlichen Ackererde; sämmtliche Pflanzen gediehen vortrefflich. Wicke, Gerste, Hafer, Buchweizen setzten reichlich Früchte an; der Klee hatte am 15. October die Höhe von 10 Zoll erreicht, war dunkelgrün und buschig, der Tabak bekam einen über drei Fuss hohen Stengel und viele Blätter, am 25. Juni fing er an zu blühen und setzte gegen den 10. August Samen an, von denen am 8. September reife Samenkapseln mit vollkommenen Samen genommen wurden.

| | |
|---------------------------------|-------|
| Torfsaurem Kalk | 3,07 |
| Torfsaurer Bittererde | 1,97 |
| Torfsaurem Eisenoxyd | 3,32 |
| Torfsaurer Thonerde | 4,64 |
| Unlöslicher Torfsäure | 50,00 |

Zur Darstellung dieser Verbindungen wurde gewöhnlicher Torf mit schwacher Kalilauge gekocht und die sehr dunkel gefärbte Auflösung mit verdünnter Schwefelsäure niedergeschlagen. Der Niederschlag ist die unter dem Namen Torfsäure aufgeführte Substanz. Durch Auflösung derselben in Kali, Natron oder Ammoniak und Abdampfen der gesättigten Lösungen wurden obige Verbindungen dieser Basen mit der Torfsubstanz und durch wechselseitige Zersetzung dieser Auflösungen mit reinem Kalk, Bittererde und Salz der torfsaure Kalk, Bittererde, Eisenoxyd, Thonerde dargestellt. Unter Humus versteht man bekanntlich die in Verwesung übergegangenen Thier- und Pflanzenstoffe, welche in fruchtbarer Ackererde selten fehlen. Wiegmann und Polstorf ersetzen diese durch die Torfsubstanz. Durch anhaltendes Kochen der Torfsäure mit Wasser geht sie in die unlösliche Modification über, welche oben als unlösliche Torfsäure angeführt wurde.

In einem besonderen Versuche liessen Wiegmann und Polstorf in feinem Platindraht, unter Befeuchtung mit destillirtem Wasser, 28 Kresse-Samen keimen und die jungen Pflänzchen, soweit es möglich war, sich weiter entwickeln; es wurde dann der Aschengehalt der äusserst dürrtigen Pflänzchen bestimmt: er betrug nicht mehr als der von 28 Samen, nämlich 0,0025 g.

Während in dem soeben erwähnten Versuche mit Kresse eine Zunahme an Aschenbestandtheilen nicht stattgefunden hatte, ergab eine solche die Untersuchung der Pflanzen, welche im Sande und in der künstlichen Ackererde gewachsen waren; freilich war in beiden Fällen die Zunahme in qualitativer und quantitativer Beziehung eine sehr ungleiche. So lieferten bei der Einäscherung z.B. die fünf im Sande gezo- genen Tabakpflanzen 0,506 g Asche — der Aschengehalt von fünf Tabak- samen beträgt nur wenige Milligramme —, dagegen drei im künstlichen Boden gewachsene Tabakpflanzen 3,923 g, fünf würden mithin gegeben haben 6,525 g Asche. Die mineralischen Bestandtheile, welche der Sand an fünf Tabakpflanzen abgegeben hatte, verhalten sich zu denen, welche fünf Tabakpflanzen von dem künstlichen Boden empfingen, wie 10 : 120. In gleichen Zeiten empfing also eine Tabakpflanze von dem künstlichen Boden nahe 13mal mehr Bodenbestandtheile als von dem Sande, und ihre Entwicklung stand in einer ganz bestimmten Beziehung zu diesem ungleichen Vorrathe an Nahrungsstoffen. Hierzu kommt aber noch, dass die Pflanzen in dem künstlichen Boden auch alle zur vollkommenen Entwicklung nothwendigen Bodenbestandtheile vorfanden, was in dem reinen Sande nicht der Fall war; die Pflanzen konnten daher im Sande sich nur unvollkommen entwickeln.

In der That, so wenig auch der unfruchtbare Sand an löslichen Bestandtheilen enthielt, er hatte nichtsdestoweniger eine gewisse Menge davon an die Pflanzen abgegeben. Allein ausser Kieselsäure und geringen Mengen von Kali und alkalischen Erden, die auf die Entwicklung der Halme und Blätter einen günstigen Einfluss üben, konnte der Sand den Pflanzen nichts bieten; die zur Bildung der Samenbestandtheile nöthigen Stoffe fehlten ihm gänzlich: die Pflanzen kamen nicht zum Samentragen.

In der Asche der Mehrzahl der in diesem Sande gewachsenen Pflanzen liess sich die Gegenwart von Phosphorsäure nachweisen, allein sie entsprach nur der Menge derselben, welche dem Boden in dem Samen zugeführt worden war. In der Asche der Tabakpflanze, deren Samen bekanntlich so klein sind, dass ihr Phosphorsäuregehalt für die Aufsuchung verschwindet, liess sich keine Spur davon entdecken.

Was die Theorie in Hinsicht auf die Ursache der Unfruchtbarkeit dieses Sandes mit Bestimmtheit vorhersagte, ist durch Wiegmann und Polstorf zur Evidenz dargethan worden.

Es ist vollkommen gewiss, dass das Gedeihen der genannten Pflanzen in dem vorher unfruchtbaren Sande abhängig war von den zuge-

setzten Salzen; die für alle gleiche Fruchtbarkeit wurde dem künstlichen Boden gegeben durch den Zusatz gewisser Substanzen, deren Gegenwart sich in der ausgebildeten Pflanze, in dem Stengel, den Blättern, den Samen nachweisen lässt, deren Vorhandensein im Boden und in den Gewächsen ihre Nothwendigkeit für das Leben der Pflanze ausser Zweifel setzt.

Ähnliche Resultate lieferten auch die späteren Versuche von Boussingault, Salm-Horstmar, Magnus, Henneberg u. A.; alle erwiesen die Unentbehrlichkeit der Aschenbestandtheile im Lebensprocesse der Pflanzen. Wir begnügen uns, hier noch einen der von Boussingault ausgeführten Versuche mitzutheilen.

Boussingault säte zwei Sonnenblumensamen in ausgeglühten reinen Quarzsand, welchem er als Dünger die Asche der Sonnenblume und Kalisalpeter zugefügt hatte; das Begiessen geschah mit reinem Wasser; die sich entwickelnden Pflanzen waren von der atmosphärischen Luft umgeben. Innerhalb 104 Tagen — vom 10. Mai bis 22. August — entwickelten sich aus den beiden 0,062 g schweren Samen: 6,685 g Trockensubstanz oder das 108fache des Samengewichtes. (*Agronomie, Chimie agricole et Physiol. T. I, p. 176.*)

Selbstverständlich war durch diese Versuche noch nicht die Frage erledigt: sind auch alle von den verschiedenen Forschern angewandten Aschenbestandtheile gleich nothwendig für das vollständige Gedeihen der Pflanzen, darf keiner bei der pflanzlichen Entwicklung fehlen? Der Lösung dieser Frage, mit welcher sich Salm-Horstmar und andere Forscher beschäftigten, stellten sich am Anfang Schwierigkeiten entgegen.

Die Form, in welcher man der Pflanze im indifferenten Boden die Aschenbestandtheile zu bieten hat, sowie die Menge derselben, welche sie ohne zu leiden, im Boden verträgt, waren ebenso wie gewisse Eigenthümlichkeiten der fruchtbaren Ackererde, durch die sie Antheil an der Aufnahme der Nährstoffe nimmt, beim Beginn dieser Versuche nicht bekannt; hieraus erklären sich die schwankenden und widersprechenden Erfolge, die man anfänglich erhielt, aber diese bahnten den Weg für die späteren Versuche, durch die man, in den sogenannten Wasserculturen, durch die Methode der Ausschliessung einzelner Nährstoffe, den relativen Werth derselben für das Gedeihen der Pflanze zur Erkenntniss brachte. Man hatte häufig genug das Missgedeihen der Pflanzen in den ersten Versuchen dem Mangel an gewissen, oft in minimalen Mengen und vielleicht nur zufällig in den Pflanzen vorkommenden Aschenbestandtheilen zugeschrieben, während die Misserfolge in mangelnden äusseren Wachstumsbedingungen: Licht, Wärme etc., und anderen Ursachen zu suchen waren.

Die Methode der sogenannten Wasserculturen, welche an Sicherheit und Bestimmtheit die Resultate der Versuche in indifferenten Bodensorten übertrifft, ist an sich interessant genug, um sie hier eingehender zu

beschreiben; sie besteht darin, dass man Pflanzen in Wasser wachsen lässt, welches, mit Ausschluss der Kohlensäure, die Nährstoffe derselben in Lösung, einige davon in aufgeschlammtem Zustande enthält.

Es war keine leichte Aufgabe, die Methode der Wassercultur so auszubilden, dass es bei völligem Ausschluss des Bodens gelang, Landpflanzen von der Keimung bis zur Samenreife unter bedeutender Vermehrung ihrer Trockensubstanz heranzuziehen. Die Ermittlung der Form, in welcher die gelösten Pflanzennährstoffe wirksam sind, sowie die Feststellung der richtigen Concentration ihrer Lösungen bot keine besonderen Schwierigkeiten dar, dagegen begegnete man anderen, deren Beseitigung erst allmähig erzielt wurde. Es ergab sich, dass die Landpflanze, wenn sie in wässriger Nährstofflösung vegetirt, dieselbe gleich der Wasserpflanze ¹⁾ nicht einfach aufsaugt, sondern dass sie häufig eine verdünntere Lösung und jedenfalls die in der ursprünglichen Lösung enthaltenen Nährstoffe in einem anderen als dem dargebotenen Verhältnisse aufnimmt; hierdurch entsteht aber, sehr oft schon nach kurzer Zeit, eine die Wurzeln umgebende Flüssigkeit, deren Zusammensetzung und Concentration der pflanzlichen Weiterentwicklung wenig zuträglich ist. Es zeigte sich ferner, dass die Pflanze fortwährend Stoffe durch ihre Wurzeln an die umgebende Lösung wieder abgibt, welche eine weitere gewöhnlich schädliche Veränderung derselben bewirken. Eine neutrale, ja selbst schwachsaure Nährstofflösung nimmt z. B., nach den Beobachtungen von Knop und Stohmann, nach einiger Zeit eine alkalische Reaction an; aber in einer auch sehr schwach alkalischen Lösung sterben die Pflanzen unfehlbar ab ²⁾.

Die in dieser Richtung gewonnenen Thatsachen verbreiteten nicht nur über die chemischen Vorgänge in der lebenden Pflanze ein neues Licht, sondern sie zeigten auch, dass der fruchtbare Boden durch seine chemische und physikalische Beschaffenheit gewisse Eigenthümlichkeiten besitzen muss, durch welche alle diejenigen Schädlichkeiten, welche in Folge der erwähnten Vorgänge dem Leben der Pflanze in Lösungen ein rasches Ziel setzen, beseitigt und unwirksam gemacht werden (siehe Absorptionsvermögen des Bodens).

Das Gelingen der Wasserculturen hing wesentlich davon ab, dass der Experimentator zunächst diese Hindernisse kennen und beseitigen, und dass er durch seine Kunst die erwähnten Eigenthümlichkeiten der

¹⁾ Man vergl. hierüber den II. Theil dieses Werkes, sowie die Angaben, welche ich über die Zusammensetzung der Wasserlinsen und die des Wassers, worin sie vegetirten, machte (Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 105, S. 140).

— ²⁾ In destillirtem Wasser, welches $\frac{1}{1000}$ Pottasche (kohlensaures Kali) enthielt, nahm der Wurzelkeim von Getreide in zwei Tagen kaum um einige Linien zu, nach 8 Tagen war derselbe aufgeweicht und zerstört. Ebenso nachtheilig wirkte $\frac{1}{3000}$ Pottasche; erst bei 10,000facher Verdünnung erfolgte eine normale Entwicklung der Wurzel, wie bei Brunnenwasser, jedoch langsamer (Handtke). Beim Alkalisichwerden der Nährstofflösungen faulen die Wurzeln unter Schwefelwasserstoffbildung (Stohmann, Knop).

fruchtbaren Ackererde, die seinen Lösungen mangelte, zu ersetzen lernte. Man fand, dass die Nährstofflösung nicht merklich über $\frac{1}{2}$ Proc. Nährsalz enthalten dürfe, eine dauernd, wenn auch sehr schwache saure Reaction besitzen und, bei Anwendung kleiner Volumen, Flüssigkeit dieselbe von Zeit zu Zeit gewechselt werden müsste; dass es zuletzt zweckmässig sei, die Wurzeln vor dem Einflusse des Lichtes zu schützen. Eine besondere Aufmerksamkeit musste den zuträglichsten Wärme- und Beleuchtungsverhältnissen zugewandt werden, sowie einem Luft- (Sauerstoff-) Gehalte der die Wurzeln umgebenden Nährstofflösung.

Sachs, Knop und Stohman berichteten zuerst über vollkommen günstige Erfolge der Cultur der Maispflanze in den wässerigen Lösungen ihrer Nährstoffe, und es ist wesentlich ihr Verdienst, die Methode dieser Culturen für alle ähnlichen späteren Versuche begründet zu haben.

Knop erzog seine Maispflanze in einer wässerigen Lösung, welche Kali, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure in der Form von salpetersaurem Kalk, phosphorsaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia enthielt; das Eisenoxyd wurde der Flüssigkeit in der Form von weissem, frisch niedergeschlagenem phosphorsaurem Eisenoxyd aufgeschlämmt beigegeben ¹⁾.

¹⁾ Die vier löslichen Salze brachte Knop in zwei Lösungen. Lösung A wurde erhalten durch Auflösen von salpetersaurem Kali, salpetersaurem Kalk und schwefelsaurer Magnesia in destillirtem Wasser; Lösung B enthielt nur phosphorsaures Kali.

In einem Liter (1000 Cubikcentimeter) der Lösung A waren — die Bestandtheile der Salze einzeln aufgeführt — enthalten:

| | |
|-------------------------|---------|
| Salpetersäure | 2,160 g |
| Schwefelsäure | 0,495 „ |
| Kalk | 0,684 „ |
| Magnesia | 0,233 „ |
| Kali | 0,940 „ |
| | <hr/> |
| | 4,512 g |

Die Concentration der Lösung A betrug also 4,5 pr. Mille, d. h. 1000 Theile dieser Lösung enthielten $4\frac{1}{2}$ Theile der genannten Salze.

Die Lösung B enthielt in 1 l destillirtem Wasser 10 g phosphorsaures Kali ($\text{K O} \cdot \text{P O}_5$), also in 10 Cubikcentimeter der Lösung genau 1 ccg des Salzes.

Aus den beiden Lösungen (A und B) wurde die Nährflüssigkeit, in welcher sich die Maispflanze entwickeln sollte, durch Zusammenmischen hergestellt, und der Mischung dann die geringe Menge des phosphorsauren Eisenoxys zugesetzt.

Beim Vegetationsversuche brachte Knop die Maispflanze in ein abgemessenes Volumen Nährflüssigkeit, schlammte das phosphorsaure Eisenoxyd auf die Wurzeln und liess die Pflanze, indem er täglich das durch sie verdunstete Wasser wieder zur Lösung setzte, so lange vegetiren, bis sie gewöhnlich 1 l Wasser verdunstet hatte (Zeitdauer einer Periode); die rückständige Flüssigkeit wurde dann zur Analyse verwendet und die Maispflanze in ein neues Quantum der Nährflüssigkeit umgesetzt.

In dieser Lösung gelang es Knop, eine vollkommene Maispflanze zur Samenreife zu erziehen; die in feuchtem Quarzsande gekeimten Samen wurden mit ihren Wurzeln am 12. Mai in die Lösung eingesetzt, und die am 1. September geerntete Pflanze hatte einen Samenkolben mit 140 reifen keimfähigen Samen geliefert; die ganze Pflanze wog frisch 317, getrocknet 50,288 g, welche 8 Proc. Asche enthielten.

Man wird bemerken, dass in der Knop'schen Nährstofflösung Kochsalz und Kieselsäure, welche Bestandtheile der Asche der im Boden gewachsenen Maispflanze sind, und ebenso Ammoniaksalze ausgeschlossen

Unter diesen Umständen vollendete die Maispflanze ihr Wachsthum in sieben Perioden; acht Mal — in den fünf ersten Perioden — erhielt die Pflanze frische Nährflüssigkeit, wobei jedoch zu bemerken ist, dass die Portion, welche in der fünften Periode gereicht wurde, ohne einen Zusatz von phosphorsaurem Eisenoxyd blieb, da die Wurzeln zu dieser Zeit schon völlig mit einem rostgelben Ueberzug von Eisenoxyd versehen waren; in der sechsten und siebenten Periode vegetirte die Pflanze nur mehr in destillirtem Wasser; während sie aber in den fünf ersten Perioden nur 1 l Wasser verdunstete, betrug die Wasserverdunstung in der sechsten Periode 2 l und in der siebenten Periode $3\frac{1}{2}$ l Wasser.

Der Vegetationsversuch begann am 12. Mai 1861: an diesem Tage kam die junge Keimpflanze, welche 6 Blätter und ein Lebendgewicht von 8 g hatte, in die Nährflüssigkeit. Der Versuch endigte am 4. September (Zeit der Ernte).

Die Maissamen brachte Knop im Monate April in ausgewaschenem Sand zum Keimen; die jungen Pflanzen hatten am 12. Mai das angeführte Lebendgewicht (8 g); beim Trocknen gaben sie kaum mehr Trockensubstanz als der Samen hatte.

Die erste Periode dauerte vom 12. Mai bis 12. Juli; die Pflanze erhielt in dieser Periode 600 Cubikcentimeter der Lösung A, 12 Cubikcentimeter der Lösung B und 3 ccg phosphorsaures Eisenoxyd; die Nährflüssigkeit wurde jedoch nicht auf einmal, sondern in drei Abschnitten gegeben. Man begann, um eine gute Wurzelbildung zu ermöglichen, mit einer verdünnten Lösung und endigte im dritten Abschnitte der Periode mit der ursprünglichen Concentration. In der zweiten, dritten, vierten und fünften Periode kam die Pflanze geradezu in die unverdünnte Lösung, und zwar wurden den Wurzeln in jeder Periode circa 500 Cubikcentimeter dargeboten. — Die Pflanze erhielt also in der

I. Periode

| | 1. Abschnitt. (12. Mai — 1. Juni) | 2. Abschnitt. (1. Juni — 1. Juli) | 3. Abschnitt. (1. Juli — 12. Juli) |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Lösung A | 100 CC | 200 CC | 300 CC |
| „ B | 2 CC | 4 CC | 6 CC |
| Wasser (zur Verdünnung) | 198 CC | 96 CC | — |
| Phosphorsaures Eisenoxyd | 0,1 g | 0,1 g | 0,1 g |

II. Periode. III. Periode. IV. Periode. V. Periode.

| | (12. Juli bis 20. Juli) | (20. Juli bis 27. Juli) | (27. Juli bis 1. Aug.) | (1. Aug. bis 10. Aug.) |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Lösung A | 500 CC | 500 CC | 500 CC | 500 CC |
| „ B | 10 CC | 20 CC | 20 CC | 30 CC |
| Wasser (zur Verdünnung) | — | — | — | — |
| Phosphors. Eisenoxyd . . | 0,1 g | 0,1 g | 0,1 g | — |

waren, und dass seine Pflanze den ihr nöthigen Stickstoff in der Form von Salpetersäure empfangen hatte; in Beziehung auf ihren Bedarf an Kohlenstoff war sie ausschliesslich auf die Kohlensäure der Luft angewiesen.

Die von Stohmann in demselben Jahre angestellten Wasserculturversuche bestätigen im Allgemeinen die von Knop erhaltenen Resultate; die Lösung Stohmann's zur Cultur der Maispflanze enthielt alle mineralischen Nährstoffe der Maispflanze, in den Verhältnissen, wie sie in der analysirten Asche der gewöhnlichen Maispflanze ermittelt worden waren; eine andere Verschiedenheit seiner Nährstofflösung von der von Knop verwendeten bestand darin, dass er ein Ammoniaksalz, und zwar salpetersaures Ammoniak, in einem solchen Verhältniss mitwirken liess, dass die Lösung auf 2 Thle. Stickstoff 1 Thl. Phosphorsäure enthielt; sie wurde in ihrer Concentration so gehalten, dass ihr Gehalt im Liter 3 g an festen Substanzen beim Beginn des Versuches nicht überstieg; das verdunstete Wasser wurde täglich ersetzt und durch zeitweisen Zusatz von Phosphorsäure die Flüssigkeit in ihrer ursprünglich schwachsauren Beschaffenheit stetig erhalten. Ein Umsetzen der Pflanze in frische Nährstofflösung zeigte sich sehr nützlich. Die von Stohmann nach dieser Methode bis zur Samenreife erzogenen zwei Maispflanzen erreichten eine Höhe (vom Wurzelansatz bis zur Spitze gerechnet) von 2,02 und 1,27 m; ihr Trockengewicht betrug 64,38 und 56,17 g mit $7\frac{1}{2}$ bis 8,9 Proc. Asche; das Verhältniss des Samengewichtes zum Erntegewicht war nach Abzug der Asche wie 1 : 573 und wie 1 : 491; im Durchschnitt wurde demnach in der Wassercultur der Maispflanze das 53fache Gewicht des aschenfreien Samens erzielt. Ein Maiskorn liefert in einem fruchtbaren Gartenboden ein 7 bis 15 Mal höheres Erntegewicht an organischer Substanz.

Es ist erwähnt worden, dass die von Knop angewendeten Nährstofflösungen keine Kieselsäure und keine Chlorverbindung enthielten, während die Asche des gewöhnlichen Maisstrohes, nach Ruschauer,

In der sechsten und siebenten Periode vegetirte die Maispflanze, wie erwähnt, nur mehr in destillirtem Wasser; die sechste Periode dauerte vom 10. bis 16. August, die siebente Periode vom 16. August bis 4. September.

Während der ganzen Vegetationsdauer

| | wurde der Pflanze dargeboten ¹⁾ | hat die Pflanze aufgenommen ¹⁾ | gab sie in der 6. und 7. Periode wieder ab |
|-------------------------|---|--|--|
| Salpetersäure | 5,6160 g | 5,6160 g | — |
| Schwefelsäure | 1,2870 " | 0,5196 " | — |
| Phosphorsäure | 0,5750 " | 0,5730 " | 0,007 g |
| Kalk | 1,7784 " | 1,0534 " | 0,059 " |
| Magnesia | 0,6058 " | 0,2184 " | 0,007 " |
| Kali | 2,8204 " | 1,7454 " | 0,019 " |

¹⁾ Von der geringen Menge des phosphorsauren Eisenoxyds abgesehen.

29 Proc. Kieselsäure und $6\frac{1}{4}$ Proc. Kochsalz, die Stengel und Blätter des Mais nach Way nahe 38 Proc. Kieselsäure und $2\frac{1}{4}$ Proc. Kochsalz enthielten.

Für die Buchweizenpflanze hat Nobbe das Chlor oder eine Chlorverbindung als einen nothwendigen Nährstoff erkannt; er brachte diese Pflanze zum üppigen Gedeihen in einer Nährflüssigkeit, welche neben den Hauptbestandtheilen der Lösung von Knop eine beträchtliche Menge Chlorkalium (kein Natron) enthielt; eine seiner Pflanzen hatte 2,74 m Stammeshöhe mit 115 Zweigen, 946 Blättern, 521 Blüthentrauben, 796 reifen und 108 unvollkommenen Früchten. Das lufttrockene Gewicht der ganzen Pflanze betrug 119,7 g (22,6 g reife Samen!) oder das 4786fache Gewicht des Samens (Landw. Versuchsstat. 1868, S. 3¹⁾).

Ueber die Bedeutung einer Chlorverbindung für die Entwicklung der Pflanzen sind von Siegert, Leydhecker, Beyer, Lucanus, P. Wagner bemerkenswerthe Thatsachen ermittelt worden. Leydhecker fand, dass bei den Blüthen der in chlorfreier Nährflüssigkeit gewachsenen Buchweizenpflanze, so wenig Unterschiede sie im Vergleiche mit den Blüthenorganen der anderen Versuchspflanze auch erkennen liessen, keine Befruchtung statthatte; „die einzelnen Blüthentrauben verwelkten und trockneten ab, ohne dass nach der Hand eine ausgebildete Frucht erhalten wurde.“ Ganz ähnliche Beobachtungen machte Beyer bei der Haferpflanze, und ebenso Wagner in Wilh. Wicke's Laboratorium bei der Maispflanze, die, in chlorfreien Lösungen gezogen, taube männliche Blüthen gänzlich ohne Pollen hervorbrachten. Die weiblichen Blüthen schienen zum Theil gesund: bei einer Versuchspflanze liessen sie sich durch Pollen vor Gartenpflanzen befruchten und brachten fünf kleine, reife, keimfähige Samen hervor.

Damit in Widerspruch stehen die früheren sowohl wie die neuesten von Knop angestellten Versuche; seine im Sommer 1868 in durchaus chlorfreier Lösung erzogene Maispflanze hatte fast 1 m Höhe und erzeugte reife Samen. Diese Samenernte ist, gegen den Ertrag in früheren Versuchen (140 Samen) gehalten, auffallend gering; zu den letzteren verwandte Knop eine Nährstofflösung, von der er angiebt, dass sie schwefelsaure und phosphorsaure Salze enthalten habe, aber die Abwesenheit von allem Chlor scheint von ihm nicht besonders constatirt worden zu sein. — Zwei Buchweizenpflanzen erzeugten in chlorfreier Nährstofflösung nur 25 Stück Samen, eine gegen den Ernteertrag (796 reife und 108 unvollkommene Samen) der von Nobbe in chlorhaltiger Lösung cultivirten Pflanze sehr geringe Menge. Dagegen giebt Knop wieder an, dass eine Buchweizenpflanze, deren Vegetationsflüssigkeit 0,25 Proc. Chlorkalium enthielt, steril blieb.

¹⁾ Dieser Ertrag an Pflanzenmasse, so hoch er auch erscheint, steht dem, welcher von einem Buchweizenkorn in fruchtbarer Ackererde geliefert wird, dennoch weit nach.

Man sieht, wie ausserordentlich schwierig es ist, mit Landpflanzen vergleichende Vegetationsversuche in Nährstofflösungen anzustellen, und dass, wie Nobbe mit Recht hervorhebt, eine glückliche Hand dazu gehört, einen gelungenen Versuch durchzuführen. So wenig Sicheres daher auch vorläufig aus den obigen, sich so widersprechenden Versuchsergebnissen abgeleitet werden kann, bei der hohen Wichtigkeit der Frage über den Einfluss der Chlorverbindungen auf den Wachstumsprocess der Pflanzen, speciell auf die Samenbildung, scheinen weitergehende Versuche durchaus angezeigt, um die bestehenden Widersprüche zu heben.

Der Einfluss des Kochsalzes auf die Erhöhung der Samenerträge ist eine seit sehr langer Zeit wohlconstatirte Thatsache. Die erste Erklärung über die Wirkungsweise des Kochsalzes in dieser Beziehung gab ich an der Hand meiner Versuche über den Einfluss des Kochsalzes auf die Phosphate des Bodens und zwar unter Zuhülfenahme der vom Generalcomite des landwirthschaftlichen Vereins in München angestellten Düngungsversuche. Durch das Kochsalz wird es der Pflanze ermöglicht, eine grössere Menge der die Bildung der Samenbestandtheile bedingenden Bodenstoffe aufzunehmen, der Samenertrag erhöht sich.

Aber neben dieser indirecten Wirkung übt das Kochsalz, wie die Münchener Versuche von 1864 ergaben, noch eine directe Wirkung auf die Vegetation aus. Indem es zu einem Bestandtheil des Pflanzenorganismus wird, erhöht es das oberirdische Wachsthum und erschöpft die unteren Theile der Pflanze zu Gunsten der oberen Pflanzentheile, die Samenerträge werden gleichfalls erhöht werden ¹⁾.

Die Steigerung des Samenertrages durch Kochsalzdüngung beobachtete auch J. Lehmann. Durch Versuche in Gartenerde hatte er gefunden, dass zwei mit Bohnen und Erbsen bei sonst gleicher Düngung (mit Superphosphat) bestellte Felder, von denen das eine noch ausserdem eine gewisse Menge Kochsalz empfangen hatte, das letztere einen bedeutend höheren Samenertrag lieferte, wie das andere. Auch hat Lehmann durch die Analyse der Blätter und Stengel der mit Kochsalz gedüngten Pflanzen festgestellt, dass diese eine beträchtlich geringere Menge von Stickstoff enthielten, als die Blätter und Stengel der Bohnen- und Erbsenpflanzen, welche im Boden kein Kochsalz empfangen und die geringere Samenmenge geliefert hatten.

Nach Versuchen von Salm-Horstmar und Zöller scheint das Natron einen bestimmten Antheil an der Erzeugung mancher Getreidesamen, z. B. des Gerstenkorns, zu haben, sowie denn auch die Versuche Stohmann's für eine Theilnahme des Natrons am pflanzlichen Ernährungsprocess sprechen; nach seiner Beobachtung zeigte sich ein bemerklicher Unterschied in der Vegetation der Maispflanze, die in einer Flüssigkeit sich entwickelte, in welcher das Natron ausgeschlossen war. In den natronfreien Lösungen zeigten die Pflanzen einen anderen Habitus;

¹⁾ Zöller, Journ. f. Landw. 1867.

anstatt der langen, breiten Blätter bildeten sich kurze, rasch spitz zulaufende, und es entwickelte sich die männliche Blüthe viel langsamer und schwächer als die weibliche. Den Versuchen Knop's gegenüber, der seine Pflanzen in natronfreien Lösungen wachsen liess, ohne einen besonderen Unterschied in der Entwicklung der Blätter und Blüten verglichen mit denjenigen einer normalen Maispflanze wahrzunehmen, ist es schwer, die Verschiedenheit in dem Habitus der Maispflanzen, die mit oder ohne Natron sich entwickelt haben, dem Natron allein zuzuschreiben ¹⁾, und es müssen in Stohmann's Versuchen noch andere Verhältnisse wirksam gewesen sein.

Während die Versuche von Knop darthun, dass der Ausschluss von Kieselsäure, Chlor und Natrium das Bestehen der Maispflanze nicht geradezu gefährdet, zeigte sich in den Versuchen von Stohmann, dass beim Ausschluss von Bittererde oder Kalk die Pflanze nicht gedeiht.

Wurde der salpetersaure Kalk in der Nährflüssigkeit durch sein Aequivalent salpetersaurer Bittererde ersetzt, so blieb das Wachsthum der Maispflanze schon nach kurzer Zeit bemerklich zurück, und wenige kleine magere Blättchen entwickelten sich; beim Zusatz von salpetersaurem Kalk wurde sehr rasch eine auffällige Veränderung hervorgerufen. Schon nach 5 Stunden erwachte die fast 4 Wochen stationär gebliebene Vegetation, und in der Fortentwicklung der Pflanze trat keine Hemmung mehr ein.

In dem Versuche, in welchem in der Nährflüssigkeit die Magnesia ausgeschlossen und durch Kalk ersetzt worden war, gestaltete sich das Wachsthum der Pflanze ähnlich wie beim Fehlen des Kalkes; die Vegetation blieb dürrig und der Zusatz von salpetersaurer Magnesia übte sogleich die günstigste Wirkung aus.

Ganz ähnliche Versuche mit anderen Gewächsen haben ergeben, dass Kalk und Magnesia für ihre Entwicklung gleich unentbehrlich sind. In Wolf's Versuchen mit der Haferpflanze konnte der Kalk- und Bittererdegehalt seiner ursprünglichen Nährflüssigkeit bis auf $\frac{1}{8}$ vermindert werden, ohne bemerklichen Nachtheil für die darin wachsenden Pflanzen, aber eine weitere Verminderung hatte eine Abnahme des Erntegewichtes zur Folge. Aus der Unentbehrlichkeit der beiden alkalischen Erden kann man wohl schliessen, dass jede für sich zu verschiedenen Functionen der organischen Arbeit dient, in welchen keine für die andere eintreten kann. Bemerkenswerth ist die Beobachtung Stohmann's, dass die Pflanzen, denen im Anfang ihrer Vegetation der Kalk gefehlt hatte, vorzugsweise zur Bildung weiblicher Blüthe neigte, während die Pflanzen, welche anfänglich Mangel an Magnesia hatten, vorzeitig zur Bildung unfruchtbarer männlicher Blüten kamen. Wenn

¹⁾ Vom Mai bis August hatte eine Maispflanze in Knop's Versuchen 15 Blätter getrieben, von denen die mittleren 7 cm Breite und 80 cm Länge hatten.

diese Beobachtung sich bestätigte, dürfte sie einen Fingerzeig für die Ermittlung der Rolle abgeben können, welche Kalk und Bittererde im organischen Lebensprocess spielen, aber im Ganzen ist sie so gut wie unbekannt; Kalk und Bittererde sind nie fehlende Bestandtheile der Samen und Blätter, aber sie kommen darin selbst in der nämlichen Pflanzenart in wechselnden Mengen vor, und zwar so, dass in der Regel die Menge beider im umgekehrten Verhältnisse zu einander steht; d. h. einem grösseren Gehalt in der Asche an Bittererde entspricht häufig ein kleinerer Kalkgehalt, und umgekehrt; hieraus scheint eine Vertretung beider in gewissen anderen Richtungen gefolgert werden zu dürfen; dieser Schluss wird dadurch unsicher, dass der Gehalt des in den Pflanzenaschen nie fehlenden Kalis mit dem Wechsel beider alkalischen Erden in Verbindung zu stehen scheint.

In der Fichtenholzasche vom Mont Breven fand de Saussure Kali, Kalk und Bittererde, die beiden letzteren im Verhältnisse wie 1 : 7. In der Fichtenasche vom Mont la Sall hingegen fehlte die Bittererde gänzlich. An diese Thatsache lässt sich offenbar der Schluss knüpfen, dass für das Holzgewebe die Bittererde kein nothwendiger Bestandtheil ist; da aber das Kali in der Fichtenasche vom Mont la Sall doppelt soviel betrug wie in der vom Mont Breven, so bleibt es zweifelhaft, ob die in dem Fichtenholz vom Mont Breven fehlende Bittererde durch Kalk allein vertreten worden, und ob das Kali in dieser Vertretung nicht wesentlich theilhaftig ist.

Ein solcher Wechsel der alkalischen Erden und des Kalis kommt häufig genug vor; besonders auffallend ist er in den ungarischen Tabackssorten, die auf einem ungedüngten Boden wachsen. Die Asche der Banater Blätter enthält bei fast gleichem Gehalt an Kalk nur $\frac{2}{3}$ oder weniger Kali als die der Debreczyner Blätter; die Menge der Bittererde ist dagegen in den letzteren doppelt so hoch als in den anderen. Der Kaligehalt von vier Banater Blättersorten beträgt nur $\frac{1}{3}$ von dem der Debreczyner Blätter, während ihr Kalkgehalt nahe an 50 Proc. ausmacht; bei gleichem Verhältniss an Bittererde enthält die Asche der Blätter des Banats und von Debreczyn nur 27 Proc. Kalk. So grosse Abweichungen im Gehalte dieser drei Basen in denselben Pflanzenvarietäten können nicht zufällig sein ¹⁾. Das Kali ist für alle Pflanzen ohne Unterschied als ein nothwendiger Pflanzennährstoff anerkannt und einen Ersatz desselben durch Natron hat man bis jetzt in keiner Pflanze wahrgenommen.

Wir hatten früher aus der nie fehlenden Gegenwart der Phosphorsäure, des Kalis, Eisens, des Kalks, der Bittererde in der Asche der Gewächse den Schluss gezogen, dass sie der Pflanze unbedingt nothwendig und deshalb Nahrungsmittel seien, und es ist dieser Schluss, der im

¹⁾ Es ist hier übrigens zu berücksichtigen, dass der Einfluss eines im Boden vorhandenen überschüssigen Nahrungstoffes in der procentischen Zusamm-

Grunde nur auf einer Thatsache beruhte, durch die Wasserculturen zur Gewissheit erhoben worden; die Wasserculturen gestatten den Ausschluss von einem oder dem anderen dieser Stoffe vollständig, und es zeigte sich alsdann, dass das Wachsthum der Pflanzen gefährdet wurde, dass aber ihre Weiterentwicklung statthatte, wenn der fehlende Nährstoff der Nährflüssigkeit zugesetzt wurde; die Wasserculturen zeigten ferner, dass die Pflanzen ihren Kohlenstoff ausschliesslich durch die Blätter der Luft entziehen können, und dass der Humus als solcher für ihr Gedeihen nicht wesentlich ist.

Eine wichtige durch die Wassercultur gefundene Thatsache war die Knop'sche Beobachtung der Kohlensäure-Ausscheidung durch die Wurzeln der in Nährstofflösungen wachsenden Pflanzen.

Lange vorher hatte zwar de Saussure eine Kohlensäureausscheidung durch die Wurzeln wahrgenommen, aber der Ursprung derselben blieb ungewiss, da de Saussure gleichzeitig eine Aufnahme von Sauerstoff wahrnahm, welcher an einer Bildung der Kohlensäure in der Wurzelsubstanz Antheil haben konnte. Ich selbst zeigte später, dass Gemüsepflanzen mit unverletzten Wurzeln in destillirtes Wasser gesetzt, Kohlensäure an dasselbe abgaben. Aber Knop war der erste, welcher nachwies, dass nicht allein Kohlensäure in erheblicher Menge an die die Wurzeln der Pflanzen umgebende Nährstofflösung abgegeben wurde, sondern dass auch die Pflanzen hierbei bedeutend an kohlenstoffhaltiger Masse zunahmen. In einer besonderen Bestimmung fand z. B. Knop, dass eine Maispflanze von 200 g Lebendgewicht in 8 Tagen und 8 Nächten, während sie um 45 g zunahm, ununterbrochen durchschnittlich täglich 150 Proc. Kohlensäure an die Nährflüssigkeit abgegeben hatte. Beim Abschluss der äussern Atmosphäre hörte die Kohlensäureausscheidung auf; bei Bohnenpflanzen war nur des Nachts, nicht bei

mensetzung stets ausgedrückt und daher auf das Verhältniss der einzelnen Bestandtheile in der Asche von Einfluss ist. In den Münchener Versuchen enthielten 100 Theile Asche von reifen Bohnenstengeln, welche wuchsen in

| | Zubereitetem Torf | Zub. Torf + Phosphorsäure | Zub. Torf + Kali | Zub. Torf + Natron |
|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Natron | 1,50 | 1,21 | 0,64 | 5,10 |
| Kali | 28,43 | 29,37 | 58,25 | 33,04 |
| Magnesia | 13,32 | 8,76 | 7,92 | 8,10 |
| Kalk | 22,51 | 33,78 | 12,10 | 17,08 |
| Phosphorsäure | 4,18 | 14,14 | 3,39 | 3,85 |
| Aschenproc. der Trockensubstanz | 8,51 | 9,88 | 9,64 | 9,03 |

Ausserdem kommt es bezüglich der Zusammensetzung der Asche auf das Alter der Pflanzen und Pflanzenorgane an. Je jünger dieselben sind, desto höher ist in ihrer Asche der Kali- (und Phosphorsäure-) Gehalt, je älter, um so mehr Kalk (und Kieselsäure) enthält die Asche (Zöller).

Tage, selbst nicht bei trübem Himmel eine Kohlensäureausscheidung wahrnehmbar.

Ausserdem zeigten die Beobachtungen Corenwinder's, dass die Wurzeln der Pflanzen (*Cuphea*, *Eupatorium cannoberum* und Kohlpflanzen) weder gasförmige noch in Wasser gelöste Kohlensäure aufzunehmen vermögen, ja selbst an kohlensäurehaltiges Wasser noch Kohlensäure abgeben. (1867. 1. Vol. *Mem. de la Soc. Journ. des Sciences de Lille*.)

Zuletzt hat man durch Versuche zu beweisen gesucht, dass die Pflanzen, selbst im Falle ihren Wurzeln Kohlensäure dargeboten ist, dennoch zu Grunde gehen, wenn die Blätter in kohlensäurefreier Luft sich befinden; in diesem Falle hört ihre Function auf, sie sterben ab. (*Journ. Pharm. Chim. T. 50* [4] p. 209.)

Gestützt auf diese Beobachtungen und auf das verschiedene Verhalten der Wurzeln und Blätter bezüglich der Wasseraufnahme könnte man auch hier annehmen, dass die Kohlensäure nur durch ein einziges Organ, durch die Blätter und nicht auch durch die Wurzeln, aufgenommen werde. Es ergäbe sich hieraus, dass der Boden, auch bei Abwesenheit jeder anderen Kohlensäurequelle, aus der Atmosphäre durch die Wurzeln der darauf wachsenden Pflanzen an Kohlensäure bereichert werde, welche für die Aufschliessung desselben, für die Verwitterung der Silicate, zur Lösung und Verbreitung der Alkalien und alkalischen Erden nothwendig ist und somit die Pflanzen selbst zur Fruchtbarkeit des Bodens wesentlich beitragen.

Allein man kann die mitgetheilten Beobachtungen nicht ohne Weiteres auf die im Boden wachsende Landpflanze übertragen. — Nichts ist gewisser, als dass die Pflanzen nach den Gesetzen der Diffusion an die kohlensäurefreie Nährstofflösung Kohlensäure abgeben mussten, wenn sie überhaupt freie Kohlensäure enthielten; die kohlensäurefreie Nährstofflösung wirkte in dieser Beziehung auf die Pflanzen wie eine Pumpe. Wenn manche Pflanzen keine oder nur wenig Kohlensäure an die Nährstofflösung abgaben, so nahmen diese Pflanzen entweder keine Kohlensäure durch die Blätter aus der Luft auf oder die Kohlensäure wurde im Verhältniss der Aufnahme assimilirt. Ebensowenig streng beweisend sind die Versuche von Corenwinder. Es bleibt dahin gestellt, ob die Pflanzen dieses Forschers überhaupt functionirten und welchen Ursprungs die Kohlensäure war, die durch die Pflanzen an das kohlensäurehaltige Wasser noch abgegeben wurde, ob sie durch Oxydation entstand, oder ob die Pflanzen in ihrem Innern reicher an Kohlensäure waren, als die umgebende Flüssigkeit. In Wirklichkeit ist die Landpflanze im Boden in ganz anderen Verhältnissen als die im Wasser oder in kohlensäurefreier Nährstofflösung befindliche Pflanze. Die die Wurzeln umgebende Luft des Bodens ist viel reicher an Kohlensäure als die atmosphärische Luft (S. 22); ferner ist das Wasser (die Bodenfeuchtigkeit) stets mit Kohlensäure gesättigt und es ist daher sehr frag-

lich, ob die Pflanze im Boden auch nur eine geringe Menge Kohlensäure an die Umgebung abgibt. Ausserdem sind zahlreiche Angaben vorhanden, nach welchen die im Boden wachsende Pflanze durch die Wurzeln Kohlensäure aufnimmt.

In der That wäre es jetzt noch verfrüht, anzunehmen, die Wurzeln der Landpflanzen im Boden verhalten sich bezüglich der Kohlensäureausscheidung wie die Wurzeln der Landpflanzen, welche in Wasser gebracht wurden, oder wie die Wurzeln der in kohlensäurefreier Nährstofflösung vegetirenden Pflanzen; ebensowenig erscheint aber auch der Schluss bis jetzt begründet, die Aufnahme der Kohlensäure in das Pflanzeninnere geschieht ausschliesslich durch die Blätter. In beiden Fällen können nur Versuche entscheiden, welche allen Verhältnissen Rechnung tragen.

Der Grund der geringen Erträge bei einer so unbeschränkten Zufuhr an Nährstoffen, wie sie bei den Wasserculturen statthat, ist leicht einzusehen; er liegt in der Beschaffenheit der den Pflanzen dargebotenen Nährstoffe, welche sehr verschieden ist von der Form, in der sie der Boden enthält.

Ein Blick auf die Zusammensetzung der in Wasserculturen angewendeten Salze giebt zu erkennen, dass die in der Nährflüssigkeit vorhandenen Basen mit starken Mineralsäuren, mit Schwefelsäure, Salpetersäure und Phosphorsäure verbunden, manche davon in Form von Chlormetallen den Pflanzen dargeboten wurden. Die Aneignung des Kalkes und der Bittererde, die nicht in der Form von Phosphaten in der Pflanze enthalten sind, sowie die des an Pflanzensäuren gebundenen Kalis, setzt eine Scheidung der Basen von den Mineralsäuren voraus, mit denen sie verbunden waren.

Eine Abscheidung von Salzsäure durch die Wurzeln oder das Vermögen der Pflanzen Chlormetalle zu zersetzen und sich basische Stoffe daraus anzueignen, besteht nach den Wasserculturversuchen von G. Kühn unzweifelhaft; allein dieses Vermögen der Pflanzen ist offenbar nur gering; die Pflanzen nahmen in den genannten Versuchen nur wenig an Masse zu und die die Wurzeln umgebende saure Flüssigkeit übte eine schädliche Wirkung auf das Wachsthum. Ganz anders gestaltet sich letzteres, wenn die Basen mit solchen Säuren verbunden sind, die entweder im Pflanzenorganismus zur Aneignung des einen oder anderen ihrer Elemente zersetzt werden, oder unzersetzt in bedeutender Menge den Pflanzen nothwendig sind. Säuren und Basen können dann gleichzeitig in der Pflanze zur Verwendung kommen und der günstige Einfluss solcher Salze auf die Vegetation ist nicht zu verkennen.

Das Alkalischwerden bestimmt zusammengesetzter Nährstofflösungen, welche bei Beginn des Vegetationsversuches neutral oder schwach sauer reagirten, beweisen, dass manche Säuren der Salze der alkalischen Erden und Alkalien, welche die Nährstofflösungen enthielten, im Organismus, freilich entsprechend der Qualität der Säure in verschiedener Menge,

zerstört worden sind. Von allen diesen Säuren ist die Salpetersäure am leichtesten zersetzbar, sehr viel schwieriger die Schwefelsäure; die Phosphorsäure erleidet keine Zersetzung.

Es erklärt sich hieraus die Thatsache, dass in Nährstofflösungen, welche salpetersaure Salze enthalten, die Pflanzen besser gedeihen und einen höheren Ertrag an Pflanzenmasse liefern, als wenn in der Nährflüssigkeit die Salpetersäure ausgeschlossen ist.

Die Versuche von P. Wagner, in chlorfreien Lösungen ohne salpetersaure Salze, zeigen, dass auch beim Ausschluss der letzteren Erfolge erzielt worden sind; auch in diesen Versuchen ist erwähnt, dass die Nährflüssigkeit alkalisch geworden war, und das Freiwerden von Alkali muss mit einer Zersetzung der Schwefelsäure in diesem Falle in Verbindung stehen. Darüber, dass auch die Schwefelsäure im Organismus zersetzbar ist, kann kein Zweifel bestehen, denn die darin erzeugten Albuminate enthalten Schwefel als Bestandtheil, der nur von Schwefelsäure abgeleitet werden kann. Die Beobachtung von Jul. Lehmann, dass Gras, Klee und wahrscheinlich alle grünen Pflanzentheile, wenn sie mit Wasser gekocht werden, Schwefelwasserstoff entwickeln, eine Beobachtung, die ich bestätigen kann, macht die Zersetzung der Schwefelsäure evident.

Aber die Entwicklung der in salpetersäurefreien Nährstofflösungen wachsenden Pflanzen ist sehr beschränkt. Das höchste Erntegewicht von Wagner's Versuchspflanzen war 20,22 g; mit den Erträgen verglichen, welche Knop und Stohmann mit derselben Pflanze in salpetersäurehaltigen Lösungen erzielten, zeigt dies ein sehr kümmerliches Wachsthum an, welches den aus geschlossenen Chlorverbindungen allein wahrscheinlich nicht zuzuschreiben ist.

Der Umstand, dass die Experimentatoren in den Wasserculturen sich ihre Lösungen ziemlich willkürlich zusammensetzten und, dass jeder in der Regel eine andere wählte, oder von einer anderen Concentration anwendet, nimmt diesen Versuchen sehr viel von ihrer Tragweite.

Die Pflanze bedarf in ihren verschiedenen Wachstumszeiten einer ungleichen Menge von den verschiedenen Nährstoffen, und es kann sein, dass in den Nährstofflösungen die Aufnahme des einen vorzugsweise geforderten Stoffes durch einen zweiten und dritten Stoff, welche gleichzeitig mit der Wurzeloberfläche in Berührung sind, benachtheiligt wird, dass also die physikalische Wirkung dieser Stoffe, die sich in ihrer Diffusion durch die Wurzelmembran nach dem Saft hin geltend macht, einen ungünstigen Einfluss auf die organische Arbeit in der Pflanze ausüben kann. Die verschiedenen Pflanzen besitzen zuletzt für die Nährstoffe in den Lösungen ein ungleich starkes Aneignungsvermögen, und es erklären sich hieraus vielleicht manche Widersprüche.

Aus den Wasserculturen hat sich die Thatsache ergeben, dass Pflanzen in Nährstofflösungen gedeihen, welche frei von Ammoniaksal-

zen sind und dass sie in diesem Falle ihren Stickstoff ausschliesslich von der Salpetersäure empfangen; es hat sich ferner gezeigt, dass Nährstofflösungen, welche den Stickstoff in der Form von Ammoniaksalzen enthalten, weniger gut geeignet für die Wasserculturen sind, als solche, welche den Stickstoff in der Form von Nitraten darbieten.

Knop und Stohmann betonen zuletzt, dass salpetersaures Ammoniak von allen Ammoniaksalzen am leichtesten assimiliert wird.

Diese letztere Thatsache erklärt die anderen; denn wenn die leichtere Aneignungsfähigkeit des salpetersauren Ammoniaks auf der Zerstörung der Salpetersäure im Pflanzenleibe beruht, so kann das dem Ammoniak mangelnde Vermögen als Nährstoff in gleich günstiger Weise wie die Salpetersäure zu dienen möglicher Weise darauf beruhen, dass das Ammoniak an eine schwerer zersetzbare Mineralsäure gebunden war, und dass die Pflanze den Widerstand, den diese der Aneignung des Ammoniaks entgegensetzt, im Verhältniss zu ihrem Bedarf, nicht überwinden kann.

Der Schluss, den man gezogen hat, dass das Ammoniak an sich kein Nährstoff sei und nur wirksam werde, wenn es in Salpetersäure übergegangen ist, lässt sich jedenfalls durch die Wasserculturversuche nicht begründen, ja er ist sogar durch die neueren Versuche von Hampe, Kühn, Wagner etc. geradezu hinfällig geworden. Nicht allein, dass Stickstoffverbindungen in der Form von Harnstoff oder Kreatin an dem Vegetationsprocesse, ähnlich wie Salpetersäure theilnehmen, es thut dieses auch das Ammoniak in Verbindung mit Phosphorsäure. Zudem fehlen bis jetzt alle Beweise, dass das Ammoniak aus der Ackererde nicht direct und unmittelbar durch die Pflanze aufgenommen wird und als Nährstoff wirksam ist.

Damit ist nicht gesagt, dass die Salpetersäure des Bodens für viele Gewächse nicht eine dem Ammoniak gleichwerthige Stickstoffquelle sei. Die meisten Pflanzen enthalten in ihren Säften gleichzeitig Ammoniak und Salpetersäure, viele nach Schönbein's Beobachtungen salpetrigsaure Salze.

Die aus der Ackererde durch die Wurzeln aufgenommene Salpetersäure ist mit Kalk, Bittererde, seltener mit Kali verbunden und für ihre Aneignung dürfte der Bedarf der Pflanze an diesen Basen von Einfluss sein.

Die Bildung vieler stickstoffhaltiger Verbindungen in den Pflanzen, welche eine dem Ammoniak ähnliche Constitution besitzen, lässt sich nicht leicht von der Salpetersäure ableiten und das reichliche Vorkommen der Salpetersäure in der Tabakpflanze scheint eher anzudeuten, dass die durch die Wurzeln aufgenommene Salpetersäure im Saft als Residuum sich anhäuft, weil sie zur Bildung des Nicotins etc. nicht verbraucht wird.

In diesen Beziehungen ist unsere Kenntniss der Ernährungsvorgänge in den Pflanzen sehr gering, und eine Menge von Fragen, die

sich an die Wasserculturen knüpfen, erwarten noch ihre Lösung. So ist erwähnt worden, dass die anfänglich sauren oder neutralen Nährflüssigkeiten in den Wasserculturen unter Umständen alkalisch werden, in Folge von einer durch die Wurzeln abgeschiedenen alkalischen Base. Wenn diese Abscheidung auf der Zerstörung eines salpetersauren Salzes in der wachsenden Pflanze beruht, so lässt sie sich nicht leicht anders erklären, als dass die Pflanze mehr von der Salpetersäure, d. h. mehr Stickstoff verbraucht, als von der alkalischen Basis. Würden beide im gleichen Verhältniss in dem Organismus der Pflanze bleiben, oder hätte die Pflanze mehr Alkali als Stickstoff nöthig, so würde kein Alkali austreten können. In letzterem Fall und in der Voraussetzung, dass das Alkali von einem salpetersauren Salze geliefert wird, müsste während der Vegetation Stickstoff von der Pflanze ausgeschieden oder in eine andere Stickstoffverbindung verwandelt werden. Versuche in diesen Richtungen auf dem Wege der Wasserculturen angestellt, dürften zu höchst interessanten physiologischen Resultaten führen; aber man darf nicht mehr, und im Besonderen keine Schlüsse für die praktische Landwirthschaft davon erwarten, deren Ziele anderer Art sind; die Praxis legt den höchsten Werth auf die Mittel um hohe und höhere Erträge zu erzielen, die in den Wasserculturen nicht erreichbar und für die Fragen, die sie zu beantworten sucht, so ziemlich gleichgültig sind.

Die Verschiedenheit in der Form und Beschaffenheit der Nährstoffe, wie sie der Boden den Pflanzen liefert, ist von denen der Bestandtheile der Nährstofflösungen ausserordentlich gross, und man kann sich eigentlich nur darüber verwundern, dass eine Pflanze zur vollständigen Entwicklung in Lösungen von Salzen gebracht werden kann, welche, wie die Zusammensetzung der Drainwasser ergibt, das im Boden sich bewegende Wasser beinahe niemals oder nur höchst selten enthält.

In der Beurtheilung der Ergebnisse der Wasserculturversuche ist es unerlässlich, die Erfahrungen stets im Auge zu haben, welche in den Bodenculturen gewonnen worden sind.

Die in einem fruchtbaren Boden wachsende Pflanze empfängt ihre Nahrung in einer solchen Form, dass für ihren Uebergang zu einem Bestandtheil des Gewächses im Organismus selbst nur ein Minimum von Arbeit zu verrichten ist, während in den Wasserculturen zur Aneignung der Nährstoffe sehr mächtige chemische Widerstände zu überwinden sind; und so sind denn auch die Quantitäten der wirkenden Stoffe, welche die Pflanze in beiden Culturen bedarf oder aufnimmt, sehr verschieden.

Die Asche der Samen der in den Wasserculturen erzielten Pflanzen hat sehr nahe die Zusammensetzung der Asche der Samen derselben Landpflanzen; aber die Asche der Blätter und Stengel der in wässrigen Lösungen gewachsenen Vegetabilien beträgt in der Regel doppelt so viel als bei den im Felde gewachsenen, und man kann erwarten, dass

die Vergleichung der Zusammensetzung beider zu interessanten Schlüssen führt.

Bei der Beurtheilung des Einflusses, den das Vorhandensein oder der Ausschluss eines Nährstoffes auf den Ertrag an Pflanzenmasse in den Wasserculturen übt, muss man in Betracht ziehen, dass auch, wenn man für diese die Keimpflanzen so gleichförmig als nur möglich wählt, die Entwicklung derselben in denselben Lösungen und in den identischen äusseren Verhältnissen dennoch häufig sehr ungleich ist; dagegen beobachtet man in der Bodencultur, dass möglichst gleichförmig ausgewählte Samen in gleichen Verhältnissen nahezu gleich entwickelte Pflanzen liefern. Die Wurzeln einer Landpflanze verhalten sich in einem öfters austrocknenden Boden anders als in einer wässerigen Lösung; im Boden überziehen sich die Wurzeln sehr bald mit einer Korksicht und es sind vorzugsweise ihre jüngsten Theile, welche das Vermögen besitzen, Nahrung aufzunehmen.

Knop hat aus seinen Versuchen geschlossen, dass Kieselsäure und Kochsalz nicht als nothwendige Nahrungsstoffe für die Maispflanze anzusehen seien, eine Ansicht, welche für die Kieselsäure eine Beschränkung erleiden dürfte, wenn sich anderseitige Beobachtungen bestätigen, dass die Kieselsäure in gewissen Fällen durch Kalk in dem organischen Process vertretbar ist. Was das Kochsalz betrifft, so wurde bereits erwähnt, dass es sehr nützliche indirecte und directe Wirkungen auf das Pflanzenwachsthum üben kann. Es ermöglicht, dem Boden gegeben, den Eintritt einer grösseren Menge zur Samenbildung absolut nöthiger Bodenbestandtheile; indem es zu einem Bestandtheile des pflanzlichen Organismus wird, übt es eine bestimmte Wirkung auf die Richtung des Pflanzenwachsthums und auf die Stoffwanderung aus; es erhöht, wie erwähnt, das oberirdische Wachsthum und die Erschöpfung der Wachsthumorgane an Samenbestandtheilen zu Gunsten der Samenbildung. Aber alles dieses wirkt auf den Samenertrag erhöhend ein. Freilich üben Ammoniaksalze und Nitrate eine ganz ähnliche Wirkung auf die Phosphate des Bodens und das oberirdische Wachsthum und in Folge davon auf den Samenertrag. Allein, dass das Kochsalz in seinen Wirkungen durch Ammoniakverbindungen und Nitrate vertreten werden kann, ist doch gewiss kein Grund, am allerwenigsten für den Landwirth, das Kochsalz als bedeutungslos für den pflanzlichen Wachsthumprocess zu erachten.

Der Mangel an Kochsalz beschränkt das oberirdische Wachsthum, die Blüten- und Samenbildung; es wird die Pflanze in geringerem Maasse an den samenbildenden Bestandtheilen erschöpft.

Nach den Beobachtungen von Pincus ändert sich beim Düngen eines Kleefeldes mit Gyps in auffälliger Weise das relative und absolute Verhältniss der Blüten, Blätter und Stengel der Kleepflanze. Während auf 100 Theile Kleeheu auf einem Felde, welches keinen Gyps empfangen hatte, 17 Theile Blüten kamen, lieferte dieselbe Menge Kleeheu

vom gegypsten Stück nur gegen 12 Theile Blüthen. Das gegypste Stück Feld lieferte pr. Morgen nahe ein Drittel mehr Kleeheu und in der ganzen Ernte aber 3 Proc. weniger Blüthen als das ungegypste.

Der Gyps scheint hiernach auf die Blüthenbildung der Kleepflanze eine ungünstige Wirkung zu haben und dennoch wissen wir, dass die Steigerung der Erträge an Klee durch Gyps weniger auf seinen Bestandtheilen als darauf beruht, dass der Gyps bis zu einer grossen Tiefe auf die Ackererde eine chemische Wirkung ausübt, die darin besteht, dass gewisse Nährstoffe der Kleepflanze löslich und verbreitbar gemacht werden, so dass die Wurzeln derselben auf einem gegypsten Felde mehr oder in leichter aufnehmbarem Zustande vorfinden als auf einem ungegypsten.

Man bemerkt leicht, dass es seine Schwierigkeiten hat den Begriff „Nährstoff“ in einer einfachen Erklärung festzustellen.

Leitet man den Begriff „Nährstoff“ von der Zusammensetzung der Pflanzentheile ab, so kann kein Zweifel bestehen, dass solche Stoffe, welche diesen Theilen ihre Elemente liefern, zu den Nährstoffen gerechnet werden müssen.

Aber als organisches Wesen gedacht, vollziehen sich in der Pflanze während ihres Lebens gewisse Arbeiten, zu denen andere Stoffe unentbehrlich sind, deren Elemente nicht zu Bestandtheilen ihres Leibes im chemischen Sinne werden und mit deren Ausschluss die als „Nährstoffe“ bezeichnete Gruppe von Verbindungen an ihrem Nährwerthe verlieren.

Mit manchen dieser Stoffe verhält es sich wie mit dem Sauerstoff der Luft im thierischen Lebensprocess, der zu dessen Unterhaltung absolut unentbehrlich ist, ohne dass man ihn zu den thierischen „Nährstoffen“ rechnet.

In ähnlicher Beziehung steht das Wasser zu dem Lebensprocess der Pflanze; sie hat nicht nur eine gewisse Menge Wasser zur Erzeugung ihrer wasserstoffhaltigen Bestandtheile nöthig, sondern es ist das Wasser als solches zum Bestehen der Pflanze, zur Aufnahme ihrer Nahrung und zur Vermittelung ihrer inneren organischen Arbeit unentbehrlich.

In gleicher Weise hat die Kohlensäure nicht nur einen Ernährungswerth für die Pflanze insofern sie ihr den Kohlenstoff für ihre kohlenstoffhaltigen Gebilde liefert, sondern sie hat für die Ernährung auch den besonderen Werth, dass sie gewisse Nährstoffe im Boden, welche das Wasser nicht löst, löslich und für die Gewächse aufnehmbar macht.

In allen den Fragen über die Nothwendigkeit eines Stoffes für das Leben einer Pflanze hat man dessen Nützlichkeit mit in Betracht zu ziehen. Auch wenn man zugiebt, dass gewisse Pflanzen, welche, im Boden gewachsen, Kieselsäure und Kochsalz als nie fehlende Bestandtheile enthalten, auch ohne diese Stoffe in der Wassercultur zur Blüthe und zum Samentragen gebracht werden können, so folgt aus dieser physiologisch interessanten Thatsache noch nicht, dass diese Stoffe in ge-

wöhnlichen Wachstums- und Witterungsverhältnissen (Licht, Temperatur, Wechsel von Nässe und Dürre) für das Bestehen und Gedeihen dieser Pflanze nicht überaus nützlich, ja unentbehrlich sind.

Es ist wohl auch schon von Anderen wahrgenommen worden, dass man zuweilen in derselben Gegend auf zwei Kartoffelfeldern, welche neben einander liegen und die mit verschiedenen Varietäten Kartoffeln bestellt sind, auf dem einen Acker lauter kranke Pflanzen mit schwarz gewordenen welken Blättern und Stengeln sieht, während an den Pflanzen auf dem nächstliegenden Felde keine Spur von Krankheit wahrnehmbar ist. Auf beide Varietäten wirkten die nämlichen äusseren Schädlichkeiten ein, aber die eine davon setzte denselben einen stärkeren Widerstand entgegen als die andere; während die eine abstarb, blieb die andere gesund.

Diese Erscheinung beruht stets auf wirkenden Dingen, welche je nach ihrer Menge im Boden, oder, wenn die Varietäten ein ungleiches Aneignungsvermögen besitzen, eine Ungleichheit im Aufbau des Pflanzenleibes und seiner Theile bedingen. Die Aschenbestandtheile der Blätter und Stengel zweier Varietäten sind weder der Menge noch dem relativen Verhältnisse nach gleich; ja bei den nämlichen Varietäten beobachtet man Unterschiede, wenn sie auf verschiedenen Bodensorten gewachsen sind; und man beobachtet ebenfalls, dass auf zwei ungleich gedüngten Feldern die nämliche Varietät sich gegen die Krankheit ungleich verhält. Kalk und Aschendüngung hat man in manchen Gegenden, für eine Reihe von Jahren wenigstens, als wirksame Mittel gegen die Kartoffelkrankheit angewendet ¹⁾.

¹⁾ Es sei hier auch auf die Resultate der Münchener Versuche mit Kartoffeln (1863 und 1864) hingewiesen. Der Versuch des ersten Jahres war zwar nicht in Beziehung auf die Erforschung der Ursachen der Kartoffelkrankheit angestellt, und es ist die Frage, ob die Kartoffelpflanzen überhaupt so lange sie sich im Boden befanden, befallen waren; das Kartoffelkraut war so gut wie unversehrt, und die geernteten Kartoffelknollen waren anfänglich vollkommen gesund. Erst nachdem die Knollen einige Zeit unter sonst gleichen Umständen aufbewahrt worden waren, zeigten sich die Knollen, die im unge düngten Torf und in dem mit Phosphorsäure und Ammoniak gedüngten Torfe gewachsen waren, fleckig, während die Knollen des mit Phosphorsäure und Kali gedüngten Torfes vollkommen gesund blieben. Die gesund gebliebenen Knollen zeichneten sich durch einen hohen Kaligehalt aus. In dem darauf folgenden Jahre wurden die drei Versuche wiederholt, allein die Krankheit suchte die Kartoffelpflanzen aller Versuche schon sehr frühe heim. Das Kraut wurde fast völlig zerstört und die Knollen blieben daher sehr klein, in einem förmlichen Jugendstadium. Das Merkwürdige des Versuches war aber, dass keine Knolle in den drei Versuchen krank aus dem Boden kam, und dass auch alle Knollen, während des Winters aufbewahrt, gesund blieben. Leider wurden die Knollen nicht chemisch untersucht; allein es ist unzweifelhaft, da sie sich wie junge Knollen verhielten, dass sie sehr reich an Kali waren und sich in dieser Beziehung verhielten, wie die gesund gebliebenen Knollen des Kali-Phosphorsäurebodens vom Jahre 1863.

Es ist klar, dass wir Stoffe, welche einer Pflanze das Vermögen geben, äusseren Schädlichkeiten einen solchen Widerstand entgegenzusetzen, dass dadurch ihr Fortbestehen gesichert wird, während beim Mangel an denselben die Pflanze der nachtheiligen Wirkung dieser Schädlichkeiten unterliegt, als nothwendige Bedingungen ihres normalen Gedeihens, wenn auch nicht in dem Sinne, den wir mit dem Begriff von Nährstoffen verbinden, ansehen müssen.

Die bis jetzt angestellten Untersuchungen sind nicht umfänglich genug, um den Antheil genauer zu bezeichnen, den die mineralischen Nährstoffe an dem Aufbau der Organe nehmen und in welcher Weise sie wirksam und an der Verschiedenheit in der Beschaffenheit der Gewebe sowie an der Ungleichheit in der Zusammensetzung der Samen und Säfte betheiligt sind. Für die Physiologie der Gewächse bietet sich in diesen Beziehungen ein weites Feld zur Untersuchung dar.

Von der Phosphorsäure weiss man, dass sie ein nie fehlender Bestandtheil der Samen und Säfte ist, sie kann durch keine andere Verbindung vertreten werden, während Salpetersäure und Ammoniak und, wie es scheint, auch Harnstoff, Kreatin und Harnsäure Stickstoff zur Bildung der stickstoffhaltigen Pflanzengebilde liefern und sich, namentlich die beiden ersteren, als Nährstoffe in manchen Pflanzenfamilien gegenseitig vertreten können. Wie die Phosphorsäure ist eine gewisse Menge Schwefelsäure zur Bildung der schwefelhaltigen Albuminate nothwendig und unvertretbar.

Die Untersuchungen der Getreidesamen von Mayer, Zöller, Fehling, Faist und Anderen haben dargethan, dass zwischen der Phosphorsäure und den Albuminaten ein gewisses Verhältniss besteht, so zwar, dass mit der Zunahme oder Abnahme an dem einen auch die des anderen steigt oder abnimmt, was ein Abhängigkeitsverhältniss zwischen beiden Samenbestandtheilen zu erkennen giebt, in der Art, dass die Bildung des Albuminates (des Klebers, Caseins etc.) durch die Gegenwart und Mitwirkung der Phosphorsäure bedingt sein muss.

Die neueren Untersuchungen von Ritthausen haben ergeben, dass die in den Pflanzen vorkommenden Albuminate (Eiweisskörper) als Verbindungen mit Phosphorsäure zu betrachten sind, und dass die Phosphorsäure mithin zu ihrer Zusammensetzung gehört, was ihr constantes Beisammensein erklärt.

Ferner ist die Löslichkeit oder Unlöslichkeit der Albuminate und damit die Möglichkeit ihrer Wanderung oder Ablagerung im Pflanzkörper wesentlich abhängig von der Gegenwart von Alkalien und alkalischen Erden, mit denen sie Verbindungen einzugehen fähig sind.

Eine ähnliche Rolle wie die Phosphorsäure bei der Bildung der Albuminate scheint das Eisen bei der Bildung des grünen Farbstoffes, des Chlorophylls, zu spielen; die darin vorkommende Menge Eisen ist

sehr gering, allein beim Ausschluss desselben werden die Pflanzen bleichsüchtig ¹⁾ und verkümmern.

Weniger evident ist der Antheil, den die Alkalien und alkalischen Erden, im Besondern das Kali an der Bildung des Zuckers und ähnlicher Kohlenhydrate in den Pflanzen nehmen. Die zuckerreichen Säfte der Gewächse, die stärkemehlreichen Knollen und Wurzeln enthalten vorwiegend Kali, als Bestandtheil, welches weder mit Zucker noch mit Stärkemehl in chemischer Verbindung ist.

Das Kali, überhaupt die Alkalien sind darin in der Form von sauren pflanzensauren Salzen, als saure oxalsaure, citronensaure, weinsaure u. s. w. Alkalien enthalten; es ist nun ausserordentlich wahrscheinlich, dass der Zucker, das Stärkemehl vorzugsweise aus diesen Pflanzensäuren und nicht sprungweise aus Kohlensäure entstehen, und da die Alkalien unzweifelhaft an der Bildung der Pflanzensäuren betheiligt sind, so müssen sie auch an der Erzeugung des Zuckers und anderer Kohlenhydrate betheiligt sein, was ihre Rolle, die sie als Arbeitsmaterial im organischen Prozesse spielen, erklärt; sie vermitteln den Uebergang der Kohlensäure zu Bestandtheilen des Pflanzenleibes.

Von dem ausschwitzenden Gummi weiss man, dass es stets eine beträchtliche Menge Kalk, Bittererde und Kali enthält; es sind die arabischen Gummiarten als salzähnliche Verbindungen der genannten Basen mit Arabin, welches sauer reagirt und alle Eigenschaften einer schwachen Säure besitzt, aufzufassen.

Es ist kaum zu bezweifeln, dass der Kalk in verschiedener Weise bei der Bildung und Entstehung der Cellulose (des Zellstoffs) und der Zellhaut betheiligt ist. — Jedenfalls ist eine Betheiligung des Kalkes in dieser Beziehung mit Sicherheit festgestellt, nämlich als Einlagerungssubstanz zu dienen; häufig genug kann er in einem solchen Falle die Kieselsäure gänzlich vertreten. Zahlreiche Zellmembranen müssen nämlich als Diffusionen von Zellstoff mit verschiedenen anorganischen Substanzen (Kalk, Kieselsäure) betrachtet werden; ähnlich wie man das vulcanisirte Kautschuk als eine Diffusion von Kautschuk und Schwefel auffasst. Ohne eine solche Einlagerungssubstanz, wie Kalk oder Kieselsäure, wären Zellmembranen von verschiedener Beschaffenheit kaum denkbar. Sind Kieselsäure oder Kalk nicht vorhanden, so hat man oft schon den phosphorsauren Kalk diese Function erfüllen sehen.

Die Untersuchung der Pflanze und ihrer Theile in ihren verschiedenen Wachstumsperioden hat ergeben, dass das Kali, überhaupt die Alkalien, in der ersten Wachstumszeit in grosser Menge aufgenommen werden; die jungen Blätter und Triebe enthalten in ihrer Asche Kali als

¹⁾ Knop giebt an, dass Gräser und Buchweizen in eisenfreien Lösungen nicht fortzubringen waren, wogegen Mais und Erbsen darin wuchsen und dass deren Blätter während der ganzen Wachstumsperiode saftig grün waren. (Chem. Centralblatt 1864, S. 6 u. 9.)

vorwiegenden Bestandtheil, mit der voranschreitenden Bildung der organischen Substanz, namentlich der Cellulose, in den (arbeitenden) Blättern nimmt der Kalk und Kieselsäuregehalt zu (Zöller); ein ähnliches Verhältniss beobachtete Zöller in der Bildung des Gerstensamens.

Im Wachstumsprocesse der Blätter und Stengel perennirender Gewächse erfolgt eine Wanderung der Alkalien und Phosphorsäure dem Stamme oder den Wurzeln zu. In der Asche von jungen Buchenblättern fand Zöller 30 Procent, in der Asche von blühenden Spargelstengeln 34 Procent Kali, während die Asche der im Herbste vom Baume genommenen abgewelkten Blätter nur 1 bis 4 Procent, die abgestorbenen Herbststengel der Spargelpflanze mit reifen Früchten nur 11,77 Procent Kali enthielten; dagegen war der Kalkgehalt bei den Buchenblättern in beiden Wachstumszeiten von 9,83 Procent in den jungen, auf 34 Procent in den alten Blättern, von 9 Procent in der Asche der blühenden auf 24 Procent in den abgestorbenen Spargelstengeln gestiegen (s. Anhang).

Die Aufnahme der Phosphorsäure erfolgt ziemlich gleichmässig während der ganzen Vegetationsdauer und es vermehrt sich bei genügender Stickstoffzufuhr die Menge der erzeugten Eiweisskörper im ähnlichen Maasse.

Arendt hat beobachtet, dass die oberen Theile der Pflanze eine grössere Menge von Bittererde als die unteren enthalten; es ist erwähnt worden, dass die Samen der Getreidearten besonders reich an Bittererde sind und dass diese nach dem Kali den vorwiegenden basischen Bestandtheil ihrer Asche ausmacht.

Die angeführten Versuche bestätigen die gewonnene Erfahrung über die Rolle, welche der Boden in dem Leben der Pflanze spielt; er nimmt Theil daran durch gewisse Bestandtheile, die er enthalten und an die Pflanze abgeben muss, wenn die Pflanze darauf gedeihen soll.

Der frühere Begriff der „Bodenkraft“ schliesst, wie man sieht, eine Anzahl von materiellen Dingen, den Gehalt nämlich des Bodens an Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kalk, Bittererde, Kali (Natron), Eisen, Kochsalz und Kieselsäure in sich ein, aber zu seiner Fruchtbarkeit gehören noch gewisse andere Bedingungen, welche die Höhe und Dauer der Ernten bestimmen.

Der Ursprung der Ackererde.

Die härtesten Stein- und Gebirgsarten verlieren nach und nach durch den Einfluss gewisser Thätigkeiten ihren Zusammenhang, es sind die Trümmer und Ueberreste der Gebirge, welche diese Veränderung erlitten haben, aus denen die Ackererde besteht.

Die Auflösung des Zusammenhangs der Fels- und Gebirgsarten wird bedingt theils durch mechanische, theils durch chemische Ursachen.

Ueberall, wo die Gebirge das ganze Jahr oder einen Theil des Jahrs mit Schnee bedeckt sind, beobachtet man, dass auch die härtesten Felsen in kleine Trümmer zerklüften¹⁾, welche durch die Bewegung der Gletscher abgerundet oder in Staub zermalmt werden. Die Bäche und Ströme, welche aus diesen Gletschern entspringen, sind durch die beigemischten Gebirgsthelle unklar und trübe, den Thälern und Ebenen zugeführt, setzen sie sich als fruchtbare Erde daraus ab.

„So oft ich Lagern von Erde, Sand und Geschiebe von vielen Tausend Fuss Mächtigkeit begegnete, bin ich immer geneigt gewesen auszurufen, dass mechanische Ursachen, wie die gegenwärtigen Ströme und Bäche, nicht im Stande sein konnten, solche ungeheure Massen in Staub zu verwandeln. Wenn ich aber auf der anderen Seite das rasselnde Getöse dieser fallenden Gewässer ins Auge fasste, wenn ich daran dachte, dass ganze Thiergeschlechter von der Erde verschwunden sind, während welcher Periode Tag und Nacht unausgesetzt die nämlichen Ursachen der Zerstörung und Vernichtung thätig waren, so kam es mir wieder unbegreiflich vor, wie ein Gebirge zuletzt ihren Wirkungen zu widerstehen vermochte“ (Darvin, S. 386).

Zu diesen mechanischen Ursachen der Aufhebung des Zusammenhangs der Gebirgsarten fügen sich die chemischen Actionen hinzu, welche der Sauerstoff, die Kohlensäure der Luft, sowie das Wasser auf die Bestandtheile derselben ausüben.

Die letzteren sind die eigentlichen Ursachen der Verwitterung; ihre Thätigkeit ist nicht begrenzt durch die Zeit, sie äussert sich in jeder Zeitsecunde und muss selbst dann noch als vorhanden angesehen werden, wenn der hervorgebrachte Effect während der Dauer eines Menschenlebens nicht wahrnehmbar ist.

Es dauert Jahre lang, ehe ein dem Einflusse der Witterung ausgesetztes Stück polirten Granits seinen Glanz verliert, allein in einer unendlich langen Zeit zerfällt das grosse Stück durch die auf seine Bestandtheile wirkenden chemischen Thätigkeiten in immer kleinere Trümmer.

Die Wirkung des Wassers ist stets begleitet von der des Sauerstoffs und der Kohlensäure, sie lassen sich kaum getrennt von einander in Betrachtung ziehen.

Eine Menge Felsarten, wie Basalt, Thonschiefer, enthalten in chemischer Verbindung Eisenoxydul, was die Fähigkeit besitzt, Sauerstoff aufzunehmen und in Oxyd überzugehen. Wir erkennen diese Eigenschaft in unseren an Eisenoxyden reichen Ackererden. Von der Oberfläche ab-

¹⁾ Ich beobachtete häufig, sowohl in den Anden als im Feuerland (Tierra del fuego), dass überall, wo der Felsen den grössten Theil des Jahres hindurch mit Schnee bedeckt war, dass er in einer ganz ausserordentlichen Weise in kleine spitzige Fragmente zertrümmert war. Scoresby hat die nämliche Erscheinung auf Spitzbergen beobachtet, er sagt, der unveränderlich zerbröckelte Zustand der Felsen scheint eine Wirkung des Frostes zu sein (Darvin, S. 388).

wärts bis zu einer gewissen Tiefe ist ihre Farbe roth oder rothbraun, sie enthält Eisenoxyd, der Untergrund ist schwarz oder schwarzbraun, er enthält Eisenoxydul. Bei tiefem Pflügen wird der Untergrund zur Oberfläche, und es tritt häufig der Fall ein, dass der früher fruchtbare Boden für eine gewisse Reihfolge von Jahren seine Fruchtbarkeit verliert. Dieser Zustand dauert so lange, bis die Oberfläche wieder roth geworden, bis nämlich alles Eisenoxydul in Oxyd übergegangen ist.

Aehnlich nun, wie ein krystallisirtes Eisenoxydulsalz durch Aufnahme von Sauerstoff seinen Zusammenhang verliert und in Pulver zerfällt, verhält es sich mit den meisten Gebirgsarten, deren Bestandtheile eine Verbindung mit dem Sauerstoffe einzugehen vermögen. In Folge der Entstehung neuer Zusammensetzungen wird der Zusammenhang der ursprünglichen aufgehoben. Enthält die Gebirgsart eingemengte Schwefelmetalle, wie z. B. Schwefelkies und Magnetkies, welche so häufig sich in den Graniten finden, so verwandeln sich diese nach und nach in schwefelsaure Salze.

Die meisten Gebirgsarten, der Feldspath, der Basalt, der Thonschiefer, Porphyry, zahlreiche Glieder der Kalkformation sind Gemenge von Silicaten; sie bestehen aus mannigfaltigen Verbindungen von Kieselerde mit Thonerde, Kalk, Kali, Natron, Eisen und Manganoxydul.

Um eine klare Vorstellung über den Einfluss des Wassers und der Kohlensäure auf die Gebirgsarten zu erlangen, ist es nothwendig, sich an die Eigenschaften der Kieselerde und ihrer Verbindungen mit alkalischen Basen zu erinnern.

Der Quarz oder Bergkrystall stellt Kieselerde in hohem Grade der Reinheit dar; in diesem Zustande ist sie nicht löslich, weder im kalten noch warmen Wasser, völlig geschmacklos, ohne alle Reaction auf Pflanzenfarben; ihre Haupteigenschaft besteht nun darin, dass sie mit Alkalien und allen basischen Metalloxyden salzartige Verbindungen eingeht, die man Silicate nennt. Das Fenster- und Spiegelglas ist ein Gemenge von kieselsauren Salzen mit alkalischen Basen, Kali, Natron und Kalk, und die gewöhnlichsten Beobachtungen zeigen, dass in den meisten Sorten dieser Gläser das Alkali neutralisirt ist. Das Vermögen, sich mit Metalloxyden zu verbinden und die Alkalien völlig zu neutralisiren, besitzen nur die Säuren, woher es denn kommt, dass die Kieselerde den Namen Kieselsäure erhalten hat.

Die Kieselsäure ist eine der schwächsten Säuren, die man kennt; es ist schon erwähnt worden, dass ihr der saure Geschmack der anderen Säuren, sowie die Löslichkeit im Wasser im krystallisirten Zustande völlig abgeht.

Von alkalischen Laugen hingegen wird die Kieselsäure in sehr feinpulvertem Zustande bei anhaltendem Kochen aufgelöst.

Verbindungen mit Kali und Natron werden am leichtesten auf trockenem Wege durch Schmelzen von reinem oder kohlensaurem Alkali mit Kieselsand hervorgebracht; es entstehen auf diese Weise Gläser, die je

nach der Menge des darin enthaltenen löslichen Bestandtheils verschiedene Eigenschaften zeigen. Bei einem Verhältnisse von 70 Kieselsäure auf 30 Kali oder Natron erhält man ein Glas, was in kochendem Wasser löslich ist und auf Holz oder Eisen gestrichen zu einem glasartigen Ueberzug eintrocknet, daher der Name Wasserglas. Bei weniger Alkali, d. h. bei einem grösseren Verhältnisse von Kieselsäure vermindert sich mehr oder weniger seine Auflöslichkeit im Wasser.

Die im Wasser löslichen Silicate werden durch alle Säuren zerlegt. Enthält die Auflösung des Silicats mehr als $\frac{1}{300}$ von dem Gewichte des Wassers an Kieselsäure, so entsteht durch Zusatz einer Säure ein durchscheinender Niederschlag, der ganz das Ansehen von Gallerte besitzt. Dieser Niederschlag ist eine Verbindung von Kieselerde mit Wasser, Kieselsäurehydrat. Enthält die Auflösung weniger Kieselsäure, so bleibt sie beim Zusatze von Säuren völlig klar.

Dieses Klarbleiben setzt voraus, dass die Kieselsäure in dem Zustande, in welchem sie von der Säure aus ihrer Verbindung mit dem Alkali getrennt wird, einen gewissen Grad von Löslichkeit in reinem Wasser besitzt.

Wenn man in der That den Niederschlag von Kieselsäure in dem gallertartigen Zustande mit Wasser auswäscht, so nimmt er an Volumen ab; durch Verdampfen des Wassers lässt sich die darin aufgelöste Kieselsäure mit Leichtigkeit nachweisen.

Man bemerkt leicht, dass die Kieselsäure einen doppelten chemischen Charakter besitzt. Aus einem Silicate in irgend einer Weise abgeschieden, hat sie ganz andere Eigenschaften, als in der Form von Sand, Quarz und Bergkrystall. Ist bei ihrer Trennung von einer Base, bei ihrer Abscheidung aus einer Auflösung, Wasser genug zugegen, um sie aufgelöst zu halten, so scheidet sich nichts ab; in gewissen Zuständen ist sie löslicher im Wasser als Gyps.

Diese so grosse Löslichkeit im Wasser verliert die gallertartige Kieselsäure völlig durch blosses Trockenwerden. Bis zu einem gewissen Grade concentrirt, gesteht ihre Auflösung in Säuren nach dem Erkalten zu einer wasserklaren zusammenhängenden Gallerte. Man kann das Gefäss umwenden, ohne dass ein Tropfen ausfliesst.

Bei weiterem Eintrocknen trennt sich mit dem Lösungsmittel das Wasser, was die Kieselsäure in den aufgequollenen gallertartigen Zustand versetzt. Die Affinität zwischen beiden ist so schwach, dass diese Trennung schon bei gewöhnlicher Lufttemperatur vor sich geht.

Einmal von ihrem Hydratwasser befreit, ist die Kieselsäure im Wasser nicht mehr löslich, ohne deshalb in ihren Eigenschaften der krystallisirten Kieselsäure (Sand, Quarz etc.) völlig gleich zu sein; sie behält nämlich das Vermögen, sich in Alkalien, und zwar nicht bloss in ätzenden, sondern auch in kohlensauen Alkalien bei gewöhnlicher Temperatur zu lösen, dies geschieht sogar dann noch, wenn sie vorher zum Glühen erhitzt worden ist.

Es giebt, wie man sieht, kaum eine Mineralsubstanz, welche in Hinsicht auf merkwürdige Eigenschaften verglichen werden kann mit der Kieselsäure.

Die meisten der im kalten Wasser unlöslichen Silicate, welche alkalische Basen enthalten, werden durch anhaltende Berührung mit heissem Wasser, besonders leicht, wenn das Wasser eine Säure enthält, zerlegt. Noch in der Mitte des vorigen Jahrhunderts, wo diese Eigenschaft der Silicate unbekannt war, gab sie zu der Meinung Veranlassung, dass das Wasser sich in Erde verwandeln liesse.

Alles in Glasgefässen destillirte Wasser hinterlässt nämlich nach dem Verdampfen eine gewisse Quantität erdiger Substanz; selbst nach zehnmehr- und mehrmaligen Destillationen bleibt ein erdiger Rückstand. Lavoisier zeigte, dass ein Theil des Glases und Porzellans von dem Wasser, was man darin zum Sieden bringt, aufgelöst wird, dass das Gefäss am Gewichte genau um so viel abnimmt, als das verdampfte Wasser an erdigem Rückstande hinterlässt. In reinen Metallgefässen destillirt, bleibt diese Erscheinung aus.

Wir sehen die Wirkung, welche das Wasser auf die in dem Glase enthaltenen Silicate ausübt, an dem Blindwerden der Gläser auf Mistbeeten z. B., welche der Witterung am meisten ausgesetzt sind. Wir sehen diese Zersetzung der Gläser gesteigert und vermehrt durch die Mitwirkung der Kohlensäure in Ställen, wo durch den Athmungsprocess von Thieren und den Fäulnissprocess von thierischen Materien die Luft reich ist an Kohlensäure.

Die Kieselsäure ist die schwächste unter allen Säuren, die löslichen Silicate werden schon durch Kohlensäure vollkommen zersetzt.

Eine Auflösung von Wasserglas erstarrt, wenn sie mit Kohlensäure gesättigt wird, zu einer Gallerte; wir müssen annehmen, dass diese Zersetzung auch in ganz verdünnten Auflösungen vor sich geht, wo wir keine Abscheidung von Kieselsäure wahrnehmen, in diesem Falle bleibt die Kieselsäure in dem Wasser gelöst.

Die Zersetzbarkeit der Silicate durch die Einwirkung des Wassers und der Säuren geht um so rascher und leichter von Statten, je mehr Alkali sie enthalten.

Die anorganische Natur bietet zahlreiche Beispiele eines unausgesetzt vorgehenden Zersetzungsprocesses, der in den Gebirgsarten enthaltenen Silicate, durch den Einfluss des Wassers und der Kohlensäure dar.

Nach den darüber angestellten Untersuchungen ist es keinem Zweifel unterworfen, dass die grossen Lager von Porzellanthon (Kaolin) durch die zerlegende Wirkung des Wassers auf Kali und Natronsilicate, gewisse Feldspathe oder Feldspath führende Gesteine entstanden sind. Man

kann den Feldspath¹⁾ sich denken als eine Verbindung eines Thonerdesilicats mit einem Alkalisilicate, welches letztere im Wasser löslich und, nach und nach hinweggenommen, den feuerfesten Porzellanthon hinterlässt.

Forchhammer hat gezeigt, dass der Feldspath²⁾ durch Wasser von 150° und unter einem dieser Temperatur entsprechenden Drucke zerlegt wird. Das Wasser nimmt eine starke alkalische Reaction an und enthält aufgelöste Kieselsäure. Die Geiser auf Island sind Quellen von siedendheissem Wasser³⁾, welche aus einer grossen Tiefe kommen und demzufolge einem hohen Drucke ausgesetzt sind. Forchhammer hat durch die Analyse bewiesen, dass wir in diesem Wasser die löslichen Bestandtheile der Natronfeldspathe und Magnesiasilicate haben, die in Trappgebirgen vorwalten; es kann keinem Zweifel unterliegen, dass im Grunde des Geisers eine Verwandlung von krystallinischen Feldspathen in Thon unausgesetzt und in einem sehr grossen Maassstabe stattfindet.

Das Wasser wirkt bei gewöhnlicher Temperatur, wenn es, wie alles atmosphärische und Quellwasser, Kohlensäure enthält, ganz ähnlich wie bei hoher Temperatur und einem hohen Drucke.

Polstorf und Wiegmann nahmen weissen Sand, kochten ihn mit Königswasser aus und setzten ihn nach dem vollständigen Entfernen der Säure durch Auswaschen der Wirkung von Wasser, was mit Kohlensäure gesättigt war, während 30 Tagen aus.

Die Analyse dieses Wassers zeigte, dass die in dem Sande nie fehlenden Silicate, welche der kurzdauernden Einwirkung des Königswassers widerstanden hatten, in längerer Zeit eine Zersetzung durch das kohlen-säurehaltige Wasser erfahren. Das Wasser enthielt kiesel- und kohlen-saures Kali, sowie Kalk und Talkerde aufgelöst.

Von den in der Natur vorkommenden Silicaten mit alkalischer Basis

1) Zusammensetzung der Feldspathe:

| | Feldspath | Albit | Labrador | Anorthit |
|-------------------|-----------|-------|----------|----------|
| Kieselsäure . . . | 65,9 | 69,8 | 55,8 | 44,5 |
| Thonerde . . . | 17,8 | 18,8 | 26,5 | 34,5 |
| Kali | 16,3 | — | — | — |
| Natron | — | 11,4 | 4,0 | — |
| Bittererde . . . | — | — | — | 5,2 |
| Kalk | — | — | 11,0 | 15,7 |
| Eisenoxydul . . | — | — | 1,3 | 0,7 |

²⁾ Die chemische Formel des Feldspaths ist: $\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{SiO}_2 + \text{KO}, \text{SiO}_2$. — Diese Formel dreimal genommen lässt sich zerlegen in Porcellanthon = $3\text{Al}_2\text{O}_3, 4\text{SiO}_2$ und in lösliches kiesel-saures Kali = $3\text{KO}, 8\text{SiO}_2$.

³⁾ Der trockne Rückstand von 28 Unzen Geiserwasser besteht aus:

| | |
|---------------------------|---------|
| Gyps | 0,453 |
| Schwefelsaurem Natron . . | } 0,827 |
| Magnesia | |
| Kochsalz | 2,264 |
| Natron | 1,767 |
| Kieselsäure | 5,508 |

giebt es eine gewisse Classe, welche im krystallisirten Zustande Wasser in chemischer Verbindung enthalten; hierher gehören die Zeolithe, Analcim, Mesotyp, Sodalith, Apophyllith etc.; die eigentlichen Feldspathe sind immer wasserfrei.

Durch ihr Verhalten gegen Säuren unterscheiden sich diese Silicate sehr wesentlich von einander.

Wird ein dem Mesotyp in seiner Zusammensetzung ähnliches Mineral in feingepulvertem Zustande mit Salzsäure in der Kälte stehen gelassen, so schwillt es zu einer dicken Gallerte auf, welche die Säure gestehen macht. Das Mineral, wie man sagt, wird bei gewöhnlicher Temperatur aufgeschlossen, die in der Säure löslichen Bestandtheile werden davon aufgenommen, die Kieselsäure bleibt als Hydrat zum grossen Theile in der Säure unlöslich.

Unter den Feldspathen zeigt der Kalkfeldspath (Labrador) ein ähnliches Verhalten. Der Kali- und Natronfeldspath (Adular und Albit) werden unter diesen Umständen nicht angegriffen.

Durch dieses so verschiedene Verhalten gegen Lösungsmittel ist man im Stande gewesen, sehr zusammengesetzte Gebirgsarten in ihre Gemengtheile zu zerlegen. Das Verfahren selbst, was von C. Gmelin zuerst in seiner Analyse des Phonoliths angewendet worden ist, giebt ein leichtes Mittel ab, die verwitterbaren (aufschliessbaren) Mineralien in allen Gebirgs- und Erdarten aufzufinden und ihre Menge zu bestimmen. So enthält, um einige Beispiele anzugeben, der Phonolith von Abterode im Hegau (Poggendorff's Annalen XIV, S. 357):

2,097 mesotypartiges Gestein (in Säuren löslich),
11,142 Feldspath (nicht in Säuren löslich).

Die Bestandtheile beider sind folgende:

| | der in Säuren lösliche, | der in Säuren unlösliche Rückstand. |
|---------------------------|----------------------------|--|
| Kieselsäure | 38,574 | 66,291 |
| Thonerde | 24,320 | 16,510 |
| Kali | 3,079 | 9,249 |
| Natron | 12,656 | 4,960 |
| Kalk | 1,802 | — |
| Eisenoxyd | 11,346 | 2,388 |
| Manganoxyd | 2,194 | 0,806 |
| Titansäure | 0,620 | — |
| Wasser | 4,209 | — |
| Organ. Substanz | 0,405 | — |

In einer ähnlichen Weise analysirte H. Frick den Thonschiefer und Löwe den Basalt und die Lava vom Aetna.

Der Basalt bestand in 100 Theilen aus $\left\{ \begin{array}{l} 4,615 \text{ Magneteisenerz,} \\ 39,800 \text{ Zeolith } ^1), \\ 55,885 \text{ Augit } ^2). \end{array} \right.$

Durch Behandlung des Thonschiefers von Benndorf mit Salzsäure wurden erhalten

26,46 in Salzsäure lösliche Bestandtheile,

73,54 „ „ unlösliche „

Die Zusammensetzung derselben war folgende:

| | der in Salzsäure löslichen, | der darin unlöslichen Bestand- theile des Thonschiefers. |
|--|--------------------------------|---|
| Kieselsäure | 22,39 | 77,06 |
| Thonerde | 19,35 | 15,99 |
| Eisenoxyd. | 27,61 | 1,53 |
| Bittererde. | 7,00 | 0,57 |
| Kalk | 2,42 | 0,33 |
| Kali (kein Natron) | 2,37 | 3,94 |
| Wasser, Kohlensäure und Verlust } | 18,86 | 0,39 |
| Kupferoxyd | | 0,19 |

Aus diesen Analysen ergeben sich einige höchst wichtige Folgerungen.

Es ist angeführt worden, dass der Feldspath, welcher in der kurzen Zeit von 24 Stunden von kalter Salzsäure kaum angegriffen wird, dass dieses Mineral der auflösenden Wirkung des mit Kohlensäure gesättigten Wassers nicht widersteht, und aus den angeführten Analysen ergibt sich, dass die verbreitetsten Felsarten Gemenge von Silicaten sind, welche sich in Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur lösen, die also von Wasser, namentlich von kohlensäurehaltigem Wasser, noch weit leichter aufgeschlossen und angegriffen werden müssen als der Feldspath.

Alle Fels- und Gebirgsarten, welche Silicate von alkalischen Basen enthalten, können auf die Dauer hin der auflösenden Kraft des kohlensäurehaltigen Wassers nicht widerstehen. Die Alkalien, Kalk, Bittererde werden entweder allein, oder die ersteren in Verbindung mit Kieselsäure aufgelöst, während Thonerde gemengt oder in Verbindung mit Kieselsäure zurückbleibt. Der verwitterte Phonolith aus Abterode, welcher durch den Einfluss der Feuchtigkeit und Luft auf das feste Gestein ent-

1) Der Zeolith bestand aus:

| | |
|-----------------------|-------|
| Kieselsäure | 38,83 |
| Thonerde | 28,77 |
| Kalk | 10,45 |
| Natron | 13,81 |
| Kali | 1,42 |
| Wasser | 6,72 |

100,00

2) Der Augit ist ein Silicat von Kalk und Bittererde.

standen ist, dessen Analyse oben angeführt wurde, verhält sich gegen Salzsäure ganz anders.

Während der unverwitterte Klingstein mehr als 20 Proc. lösliche Bestandtheile an die Salzsäure abgiebt, werden von dem verwitterten noch nicht ganz 5 Proc. aufgelöst.

Der in Säuren unlösliche Bestandtheil des verwitterten Phonoliths ist in seiner Zusammensetzung kaum verändert, in dem löslichen Bestandtheile ¹⁾ macht das Eisen und Manganoxyd die Hauptmasse aus; beide Oxyde verhalten sich in dem löslichen Bestandtheile des unverwitterten Gesteins (siehe S. 104) wie 11,346 : 2,194, in dem verwitterten sind in 100 Thln. 63,39 Eisen auf 11,13 Manganoxyd erhalten worden. Dies ist nahe das nämliche Verhältniss.

Durch die Verwitterung sind also mittelst des Wassers die Alkalien, der Kalk aufgelöst und mit Kieselsäure und Thonerde hinweggeführt worden; was zurückblieb, enthält nur $\frac{1}{15}$ der ursprünglich darin vorhandenen Alkalien.

So lange aber noch eine Spur Alkali oder einer in Kohlensäure löslichen Basis in dem Minerale zurückbleibt, dauert die Wirkung des kohlensäurehaltigen Wassers, welche ein immer weiterschreitendes Auseinanderfallen der Bestandtheile bewirkt, fort.

Der in ganz Dänemark so häufige gelbe Thon ist nach Forchhammer Granit, dessen Feldspath in Kaolin verwandelt, dessen Glimmer unzerstört geblieben ist, dessen Quarz den Sand des Thons ausmacht; der Magneteisenstein und das Titaneisen des Granits finden sich in diesem Thone als Eisenoxyd und Titanoxyd wieder. Aus Syeniten und Grünsteinen entsteht der blaue Thon, dem der Glimmer fehlt (Forchhammer). Aus Porphyr sind durch die Verwitterung die grossen Thon-

¹⁾ Der lösliche Theil des verwitterten Klingsteins besteht aus:

| | |
|------------------------|--------|
| Kieselsäure | 13,396 |
| Thonerde | 5,660 |
| Kali, Natron | 1,074 |
| Kalk | Spuren |
| Eisenoxyd | 63,396 |
| Manganoxyd | 11,132 |
| Titansäure | 3,396 |

Der unlösliche Theil:

| | |
|-----------------------|--------|
| Kieselsäure | 66,462 |
| Thonerde | 16,810 |
| Kali | 9,569 |
| Natron | 4,281 |
| Kalk | 1,523 |
| Eisenoxyd | 2,989 |
| Manganoxyd | 0,172 |

lager bei Halle¹⁾ entstanden. Man unterscheidet darin leicht beim Anfeuchten die Grundmasse, welche weiss, und den Feldspath, welcher gelblich aussieht (Mitscherlich).

Die in Wasser oder Kali gelöste Kieselsäure hat sich zuweilen aus dieser Auflösung an den Feldspathkrystallen selbst wieder in Krystallen abgesetzt, wie man dies im Trachyt des Siebengebirges bei Bonn häufig beobachtet (Mitscherlich). Die meisten Sandsteine enthalten beigemischte Silicate mit alkalischen Basen, in dem Sandstein des Heiligenberges bei Heidelberg finden sich viele Stücke von Feldspath, welche theilweise in Thon umgeändert sind und weisse Pünktchen im Sandsteine bilden.

Aus der Analyse der Porzellanerden²⁾ lässt sich entnehmen, dass die Zersetzung des Feldspaths, aus der sie entstanden sind, die äusserste Grenze noch nicht erreicht hat; sie sind ohne Ausnahme noch kalihaltig.

Unter den in der Natur vorkommenden Thonarten haben diejenigen den Namen Porzellanerde erhalten, welche feuerfest, d. h. in dem stärksten Feuer unserer Oefen unschmelzbar sind.

Diese Schwerschmelzbarkeit ist abhängig von den in den Thonarten enthaltenen alkalischen Basen, Kali, Natron, Kalk, Bittererde und Eisenoxydul. Vergleichen wir die meisten Thonarten mit den Porzellanerden, so ergiebt sich, dass das Vorkommen der feuerfesten (der alkaliarmen) verhältnissmässig selten ist; die in den verbreitetsten Gebirgsarten, in den Ackererden, mit den Braunkohlen, Steinkohlen vorkommenden Thonarten sintern in der Hitze zusammen und verglasen in starkem Feuer; der gewöhnliche Lehm schmilzt zu einer Schlacke zusammen. Diese Schmelzbarkeit steht bei denen, in welchen das Eisenoxyd oder Oxydul als Bestandtheil fehlt, in geradem Verhältnisse zu der Menge der darin enthaltenen alkalischen Basen.

Der aus den Kalifeldspathen entstandene Thon ist frei von Kalk; aus dem Labrador (dem Hauptgemengtheile des Basaltes und der Lava) entsteht ein kalk- und natronhaltiger Thon.

¹⁾ Der zersetzte Feldspath, Porzellanthon von Morl bei Halle:

| | |
|-----------------------|-------|
| Kieselsäure | 71,42 |
| Thonerde | 26,07 |
| Eisenoxyd. | 1,93 |
| Kalk | 0,13 |
| Kali | 0,45 |

²⁾ St. Yvreux, Limoge: Meissen:

| | |
|------------------------------|------|
| Kieselerde 46,8 | 52,8 |
| Thonerde 37,3 | 31,2 |
| Kali 2,5 | 2,2 |

Schneeberg:

| | |
|---------------------------|------|
| Kieselsäure | 43,6 |
| Thon | 37,7 |
| Eisenoxyd. | 1,5 |
| Kali und Wasser | 12,5 |

Die an Thon reichen Kalksteine enthalten verhältnissmässig das meiste Alkali, der Mergel, die Cementsteine gehören zu dieser Classe von Mineralien. Sie zeichnen sich vor allen anderen Kalksteinen durch die merkwürdige Fähigkeit aus, nach mässigem Brennen, wenn sie mit Wasser in Berührung gebracht werden, zu steinartigen Massen zu erhärten. Bei dem Brennen des Mergels (oder vieler natürlichen Cementsteine) wirken die Bestandtheile des Thons und Kalks chemisch auf einander, es entsteht eine dem wasserfreien Apophyllit¹⁾ ähnlich zusammengesetzte Verbindung von kieselurem Kali und kieselurem Kalk, welche beim Zusammenbringen mit Wasser, gleich dem gebrannten Gypse, eine gewisse Menge davon in chemische Verbindung aufnimmt und damit krystallisirt²⁾.

Es bedarf wohl keiner weiteren Auseinandersetzung, dass alle Thonarten für sich oder gemengt mit anderen Mineralien, der Thon der Ackererde, unausgesetzt die nämliche fortschreitende Veränderung erleiden, welche darin besteht, dass durch den Einfluss des Wassers und der Kohlensäure die darin enthaltenen Alkalien und alkalischen Basen löslichen Zustand annehmen; es entstehen kieselure, oder wenn diese durch die Einwirkung der Kohlensäure zerlegt werden, kohlensare Alkalien und Kieselurehydrat, letzteres in dem eigenthümlichen Zustande, wo es löslich im Wasser und verbreitbar im Boden wird.

Der Einfluss der Luft, der Kohlensäure und Feuchtigkeit auf die Bestandtheile der Gebirgsarten lässt sich in den seit Jahrtausenden unbewohnten Gegenden Südamerikas am leichtesten beobachten, wo Jäger und Hirten die Entdecker reicher Silberminen sind. Durch die Verwitterung werden die Bestandtheile des silberführenden Gesteins nach und nach aufgelöst und durch Regen und Wind hinweggeführt, die edlen Metalle widerstehen dieser Zerstörung und bleiben auf der Oberfläche zurück. Es ist eine ganz bestimmte Thatsache, dass die metallischen Silberadern über der Oberfläche des Felsens in scharfen Zacken und Kanten hervorragen³⁾.

Die Bestandtheile der Ackererde.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich auf eine klare unzweideutige Weise der Ursprung der Ackererde.

¹⁾ Formel des Apophyllits: $\text{KO}, 2\text{SiO}_3 + 8\text{CaO}, \text{SiO}_3 + 16\text{aq.}$

²⁾ Wenn wir ein Stück Kreide mit einer Auflösung von Wasserglas (S. 101) befeuchten, so geht dieses an der Oberfläche eine Verbindung damit ein, welche hart und steinartig ist. An die Stelle des Kalis im kieseluren Kali tritt der Kalk der Kreide, eine gewisse Menge Kali wird dadurch in der Form von kohlensurem Kali in Freiheit gesetzt (Kuhlmann).

³⁾ Die Bergwerke zu Chanuncillo, aus denen Silber von vielen hunderttausend Pfund Sterling an Werth in wenigen Jahren gewonnen wurden, entdeckte ein Mann, der einen Stein nach einem Maulthiere warf und ihn schwerer fand als einen gewöhnlichen Stein; er bestand aus gediegenem Silber und war ein Stück einer hoch über den Felsen hervorragenden Ader von Silber (Darvin, S. 387).

Die Ackererde ist durch die Verwitterung von Felsarten entstanden, von den vorwaltenden Bestandtheilen dieser Felsart sind ihre Eigenschaften abhängig. Mit Sand, Kalk und Thon bezeichnen wir diese vorwaltenden Bestandtheile der Bodenarten.

Reiner Sand, reiner Kalkstein, in denen ausser Kieselsäure, oder kohlensaurem, oder kieselsaurem Kalk andere anorganische Bestandtheile fehlen, sind absolut unfruchtbar.

Von fruchtbarem Boden macht aber unter allen Umständen der Thon einen nie fehlenden Bestandtheil aus.

Wo stammt nun der Thon der Ackererde her? welches sind die Bestandtheile desselben, welche Antheil an der Vegetation nehmen?

Der Thon stammt von der Verwitterung thonerdehaltiger Mineralien, unter denen die verschiedenen Feldspathe, der (gewöhnliche) Kalifeldspath, der Natronfeldspath (Albit), der Kalkfeldspath (Labrador), Glimmer und Zeolith die verbreitetsten unter denen sind, welche verwittern.

Diese Mineralien sind Gemengtheile des Granits, Gneisses, Glimmerschiefers, Porphyrs, Thonschiefers, der Grauwacke, der vulcanischen Gebirgsarten, des Basalts, Klingsteins, der Lava.

Als die äussersten Glieder der Grauwacke haben wir reinen Quarz, Thonschiefer und Kalk, bei den Sandsteinen Quarz und Letten. In dem Uebergangskalke, in den Dolomiten haben wir Einmengungen von Thon, von Feldspath, Feldsteinporphyr, Thonschiefer; der Zechstein ist ausgezeichnet durch seinen Thongehalt. Der Jurakalk enthält 3 bis 20, in der württembergischen Alp 45 bis 50 Proc. Thon. Der Muschel- und Grobkalk ist mehr oder weniger reich an Thon.

Man beobachtet leicht, dass die thonerdehaltigen Fossilien die verbreitetsten an der Erdoberfläche sind; wie schon erwähnt, fehlt der Thon niemals im fruchtbaren, und nur dann im culturfähigen Lande, wenn gewisse Bestandtheile desselben durch andere Quellen ersetzt sich finden. In dem Thone muss an und für sich eine Ursache vorhanden sein, welche Einfluss auf das Leben der Pflanze ausübt, welche directen Antheil an ihrer Entwicklung nimmt.

Diese Ursache ist sein Gehalt an Alkalien, alkalischen Erden, an phosphorsauren und schwefelsauren Salzen.

Die Thonerde nimmt an der Vegetation nur indirect, durch ihre Fähigkeit, Wasser und Ammoniak anzuziehen und zurückzuhalten, Antheil; nur in höchst seltenen Fällen findet sich Thonerde in den Pflanzenaschen, in sehr vielen findet sich aber Kieselsäure, welche in den meisten Fällen nur durch Vermittelung von Alkalien in die Pflanze gelangt¹⁾.

¹⁾ Thonerdehydrat, dem Humusextracte beigemischt, entzieht diesem augenblicklich alle färbende Materie und macht sie unauffällig (Wiegmann und Polstorf, S. 54).

Um sich einen bestimmten Begriff von dem Gehalte des Thons an Alkalien zu machen, muss man sich erinnern, dass der Feldspath $17\frac{3}{4}$ Proc. Kali, der Albit 11,43 Natron, der Glimmer 3 bis 5 Proc., die Zeolithen zusammen 13 bis 16 Proc. an Alkalien enthalten¹⁾.

Aus den zuverlässigsten Analysen von Ch. Gmelin, Löwe, Fricke, Meyer, Redtenbacher weiss man, dass die Klingsteine, Basalte zwischen $\frac{3}{4}$ bis 3 Proc. Kali und 5 bis 7 Proc. Natron, der Thonschiefer 2,75 bis 3,31 Kali, dass der Letten $1\frac{1}{2}$ bis 4 Proc. Kali enthält.

Berechnet man bei Zugrundelegung des specifischen Gewichtes, wie viel Kali eine Bodenschicht enthält, welche aus der Verwitterung eines Morgens (2500 □ Meter) einer 20 Zoll dicken Lage einer dieser Felsarten entstanden ist, so ergibt sich, dass diese Bodenschicht an Kali enthält:

| | |
|--------------------------------|-----------------------|
| aus Feldspath entstanden . . . | 1152 000 Pfd. |
| aus Klingstein | 200 000 bis 400 000 „ |
| aus Basalt | 47 500 „ 75 000 „ |
| aus Thonschiefer | 100 000 „ 200 000 „ |
| aus Letten | 87 000 „ 300 000 „ |

Die Alkalien (Kali oder Natron) fehlen in keinem Thone; in allen Thonarten, die man auf Alkalien untersucht hat, sind diese Bestandtheile gefunden worden: in dem Thone der Uebergangsgebirge des Flötzgebirges, sowie in den jüngsten Bildungen der Umgebungen von Berlin kann man durch blosses Eintrocknen mit Schwefelsäure, durch die Bildung von Alaun (nach Mitscherlich) den Kaligehalt nachweisen, und allen Alaunfabrikanten ist es wohl bekannt, dass alle ihre Laugen eine gewisse Quantität Alaun fertig gebildet enthalten, dessen Kali aus der thonreichen Asche der Braun- und Steinkohlen herrührt.

Ein Tausendtheil Letten, dem Quarz im bunten Sandsteine oder dem Kalke in den verschiedenen Kalkformationen beigemengt, giebt einem Boden von nur 20 Zoll Tiefe so viel Kali, dass — vorausgesetzt alles Kali würde von den Pflanzen aufgenommen — ein Fichtenwald auf diesem Boden ein ganzes Jahrhundert lang damit versehen werden kann.

Ein einziger Cubikfuss Feldspath enthält so viel Kali, als das Laubholz einer Waldfläche von 2500 □ Meter innerhalb 5 Jahren entzieht.

Die Alkalien und alkalischen Erden sind aber für die Gewächse nicht die einzigen Bedingungen ihrer Existenz; sie reichen allein nicht hin, um das Leben der Pflanzen zu unterhalten.

In einer jeden bis jetzt untersuchten Pflanzenasche fand man Phosphorsäure, gebunden an Alkalien und alkalische Erden; der Weizen-, Roggen-, Maissamen, die Erbsen, Bohnen, Linsen geben nach dem Verbrennen eine Asche, welche keine Spur Kohlensäure, sondern ausser geringen Mengen schwefelsaurer Salze und Chlormetallen nur phosphorsaure Salze enthält.

¹⁾ Alle Kalifeldspathe enthalten nach neueren Untersuchungen Natron, alle Natronfeldspathe enthalten gleichzeitig Kali.

Die Phosphorsäure wird aus dem Boden von der Pflanze aufgenommen, alles culturfähige Land, selbst die Lüneburger Haide, enthält bestimmbare Mengen davon; sie ist ein Bestandtheil zahlreicher Gesteinsarten, von welcher aus sie sich im Boden und in die Gewässer verbreitet.

Die der Oberfläche der Erde am nächsten liegenden Schichten von Schwefelbleilagern enthalten krystallisirtes phosphorsaures Bleioxyd (Grünbleierz); der Kieselchiefer, welcher grosse Lager bildet, findet sich an vielen Orten bedeckt mit Krystallen von phosphorsaurer Thonerde (Wawellit); alle Bruchflächen sind damit überzogen.

Der Apatit (phosphorsaurer Kalk, von gleicher Zusammensetzung mit der Knochenerde) findet sich in jeder fruchtbaren Ackererde, in krystallinischer Gestalt deutlich erkennbar auf Gängen (besonders Erzgängen), wie auch im Gebirgsgestein eingewachsen.

Er findet sich auf diese Weise in plutonischen und vulcanischen, wie auch in den metamorphischen und neptunischen Gebirgsarten, immer nur als zufälliger Gemengtheil und, wenigstens als Apatit¹⁾, nicht in grosser Menge. In den plutonischen und vulcanischen Gebirgsarten findet er sich in dem Granite, z. B. des Erzgebirges bei Johann Georgenstadt, Schneeberg etc., der Geschiebe bei Berlin etc., im Syenit z. B. von Meissen in kleinen, und in dem von Friedrichswärn im südlichen Norwegen in grösseren Krystallen; im Hypersthenfels z. B. von Elfdalen in Schweden, in dem Nephelinfels in feinen nadelförmigen Krystallen, aber oft in grosser Menge zu Meiches im Vogelsgebirge, am Löbauer Berge in Sachsen, Tuhlowitz in Böhmen etc.; im Basalt und anderen vulcanischen Gesteinen, z. B. am Wickenstein in Schlesien, Ham-

¹⁾ Die Abänderungen des Apatits: der Phosphorit (sowohl der in dichten Massen vorkommende als auch der thonige Knollenphosphorit) und Osteolith kommen in viel bedeutenderen Mengen, oft in grossen Lagern und Nestern vor, so dass sie häufig genug hüttenmännisch gewonnen werden. Besonders gilt dieses vom Phosphorit. Man hat Phosphoritlager fast in allen Ländern, wenn auch in verschiedener Mächtigkeit gefunden. Bei dem Dorfe Logrocan südöstlich von Truxillo in Estramadura bildet der Phosphorit auf apatithaltigem Granit aufliegend in den tiefsten Lagen des versteinierungsführenden Thonschiefers gegen zwei Meter mächtige Bänke. Sehr bedeutend sind auch die nassauischen Phosphoritlager in der Lahn- und Dillgegend; die Mächtigkeit der Ablagerung steigt an manchen Orten bis zu 4 und 6 Fuss und auf den Staffeler Gruben sind innerhalb eines Jahres über 50 000 Centner Phosphorit gewonnen worden. — Die Knollenphosphorite sind nach Gümbel den jurassischen Ablagerungen in allen ihren Verbreitungsgebieten eigenthümlich und darin oft in reichlichen Mengen vorhanden; ferner finden sich solche Phosphorite, gleichfalls nach Gümbel, in dem in Frankreich so weit verbreiteten sogenannten Galtgrünsandstein der unteren Procän- und Kreideformation; aber auch der in den bayerischen, vorarlbergischen und namentlich schweizerischen Alpen so weit verbreitete und in mächtigen Felsen anstehende Galtgrünsand ist in gewissen Lagen verhältnissmässig reich an Phosphorsäure, und Gümbel glaubt daher, die deutschen und schweizer Landwirthe auf diese Phosphorsäurequelle aufmerksam machen zu sollen; in Frankreich wird sie schon seit geraumer Zeit benutzt.

berge im Paderbörnschen und am Cabo de Gata in Spanien, in den vulcanischen Bomben des Laacher Sees etc.

In den metamorphischen Gesteinen findet er sich besonders im Talk- und Chloritschiefer in grossen gelben durchsichtigen Krystallen (Spargelstein), im Glimmerschiefer von Snarum im südlichen Norwegen; auf den Kalklagern von Pargas in Finnland und am Baikalsee auf dem Magneteisensteinlager von Arendal und anderen Orten in Norwegen und Schweden.

In dem neptunischen Gebirge findet er sich häufig in der Kreide in rundlichen Stücken und Körnern, z. B. beim Cap la Hève bei Havre, bei den Cap Blancnez und Grisnez bei Calais etc., ebenso im Flötzkalkstein des Erzberges bei Amberg u. s. w. (Gustav Rose).

Das Wasser der Kaiserquelle bei Aachen enthält in einem Pfunde 0,142 Gramm phosphorsaures Natron (Monheim), die Quirinusquelle enthält eine gleiche Menge, die Rosenquelle enthält 0,133 desselben Salzes. Die Sprudelquelle zu Karlsbad enthält 0,0016 Gramm phosphorsauren Kalk (Berzelius). Die Ferdinandsquelle enthält 0,010 phosphorsaures Natron (Wolf). Die Salzquelle zu Pyrmont enthält 0,022 phosphorsaures Kali, 0,075 phosphorsauren Kalk, 0,1249 Gramm phosphorsaure Thonerde (Krüger). Wenn man erwägt, dass das Seewasser phosphorsauren Kalk (Clemm), wiewohl in so kleiner Menge enthält, dass sie in einem Pfunde Wasser nicht bestimmbar ist, dass dessenungeachtet alle in dem Meere lebenden Thiere die phosphorsauren Salze, welche Bestandtheile ihrer Knochen und ihres Fleisches sind, aus diesem Medium empfangen, so muss der Gehalt an phosphorsauren Salzen in den erwähnten Mineralquellen ungewöhnlich gross erscheinen. Es lässt sich berechnen, dass das Wasser der Sprudelquelle in Karlsbad auf seinem Wege durch die Gebirgsschichten viele tausend Pfunde phosphorsauren Kalk daraus aufnimmt. Wahrhaft colossal sind jedoch die Mengen von Phosphorsäure, welche das Wasser gewisser Flüsse führt. So enthält, nach der Untersuchung von O. Popp, der Nil 540 Milligr. Phosphorsäure oder 750 Milligr. phosphorsauren Kalk im Cubikmeter Wasser¹⁾; da nun

1) 1 Liter filtrirtes Nilwasser enthält nach Popp:

| | | | | |
|-------------------------|--------------|--|-------------------------|--------------|
| Kohlensäure | 0,03146 Grm. | } Oder die Säuren und Basen zu Salzen gruppirt | Kieselsaures Natron . . | 0,03572 Grm. |
| Schwefelsäure | 0,00390 " | | Kieselsaures Kali . . . | 0,00767 " |
| Kieselsäure | 0,02010 " | | Kohlensauren Kalk . . . | 0,03438 " |
| Phosphorsäure | 0,00054 " | | Kohlensaure Magnesia | 0,03081 " |
| Chlor | 0,00337 " | | Schwefelsauren Kalk . . | 0,00665 " |
| Eisenoxyd | 0,00316 " | | Chlornatrium | 0,00555 " |
| Kalk | 0,02220 " | | Eisenoxyd | 0,00317 " |
| Magnesia | 0,01467 " | | Org. Materie etc. . . . | 0,01722 " |
| Natron | 0,02110 " | | Phosphorsauren Kalk . . | 0,00075 " |
| Kali | 0,00468 " | | | |
| Organ. Materie u. | | | | 0,1419 Grm. |
| Ammoniaksalze | 0,01720 " | | | |
| Feste Bestandtheile | 0,14238 Grm. | | | |

die jährliche Wassermasse des Nils rund 55 000 Millionen Cubikmeter beträgt, so ziffert sich die jährliche Phosphorsäuremenge in derselben auf circa 30 Millionen Kilo (über 41 Millionen Kilo phosphorsaurer Kalk!). Und diese ungeheure Menge Phosphorsäure liefern die Katarakte. „Die Katarakte, welche aus primitiven Gesteinen, besonders aus Granit und Syenit gebildete Felsbänke sind, werden durch die reibenden Wassermassen zersetzt, theilweise gelöst, theils suspendirt von denselben mit fortgeschwemmt; die im Nilwasser gelösten Silicate mit dem Nilschlamm sind Zersetzungsproducte der Kataraktmassen.“ (Popp, Annal. der Chemie, Bd. 155, S. 346).

Ausser Kieselsäure, den Alkalien, alkalischen Erden, Schwefelsäure und Phosphorsäure, die unter keinerlei Umständen in den Culturpflanzen fehlen, nehmen die Vegetabilien aus dem Boden noch andere Stoffe, Salze, auf, von denen man voraussetzen darf, dass sie die obengenannten zum Theil wenigstens in ihren Wirkungen ersetzen; in dieser Form kann man bei manchen Pflanzen Kochsalz, Salpeter, Chlorkalium und andere als nothwendige Bestandtheile betrachten.

Von der Salpetersäure des Bodens wissen wir, dass sie direct oder indirect aus der Atmosphäre stammt; aber auch Chlorverbindungen werden stets durch die atmosphärischen Niederschläge dem Boden zugeführt.

Wie merkwürdig erscheint die Eigenschaft feuerbeständiger Körper, unter gewissen Bedingungen sich zu verflüchtigen, bei gewöhnlicher Temperatur in einen Zustand überzugehen, von dem wir nicht zu sagen vermögen, ob sie zu Gas geworden oder durch ein Gas in Auflösung übergegangen sind. Der Wasserdampf, die Vergasung überhaupt ist bei diesen Körpern die sonderbarste Ursache der Verflüchtigung; ein in Gas übergehender, ein verdampfender flüssiger Körper ertheilt allen Materien, welche darin gelöst sind, in höherem oder geringerem Grade die Fähigkeit, den nämlichen Zustand anzunehmen, eine Eigenschaft, die sie für sich nicht besitzen.

Die Borsäure gehört zu den feuerbeständigsten Materien; auch in der stärksten Weissglühhitze erleidet sie keine durch die feinsten Wagen bemerkbare Gewichtsveränderung, sie ist nicht flüchtig, aber ihre Auflösungen im Wasser können auch bei der gelindesten Erwärmung nicht verdampft werden, ohne dass den Wasserdämpfen nicht eine bemerkbare Menge Borsäure folgt. Diese Eigenschaft ist der Grund, warum wir bei allen Analysen borsäurehaltiger Mineralien, wo Flüssigkeiten, welche Borsäure enthalten, verdampft werden müssen, einen Verlust erleiden; die Quantität Borsäure, welche einem Cubikfuss siedend heissen Wasserdampfes folgt, ist durch die feinsten Reagentien nicht entdeckbar und dennoch, so ausserordentlich klein sie auch erscheinen mag, stammen die vielen tausend Centner Borsäure, welche von Italien aus in den Handel ge-

Die befruchtende Wirkung des Nilwassers ist nach der vorstehenden Analyse erklärlich; aber es muss bedauert werden, dass die landwirthschaftliche Benutzung dieser wahren Nährstofflösung eine verhältnissmässig so geringe ist.

bracht werden, von der ununterbrochenen Anhäufung dieser, dem Anschein nach verschwindenden Menge her. Man lässt in den Lagunen von Castel nuovo, Cherchiago etc. die aus dem Innern der Erde strömenden siedendheissen Dämpfe durch Wasser streichen, was nach und nach daran immer reicher wird, so dass man zuletzt durch Verdunsten krystallisirbare Borsäure daraus erhält. Der Temperatur dieser Wasserdämpfe nach kommen sie aus Tiefen, wo menschliche Wesen, wo Thiere nie gelebt haben können; wie bemerkenswerth und bedeutungsvoll erscheint in dieser Beziehung der nie fehlende Ammoniakgehalt dieser Dämpfe. In den grossen Fabriken zu Liverpool, wo die natürliche Borsäure zu Borax verarbeitet wird, gewinnt man daraus als Nebenproduct viele hundert Pfunde schwefelsaures Ammoniak.

Das Ammoniak stammt nicht von thierischen Organismen; es war vorhanden vor allen lebendigen Generationen, es ist ein Theil, ein Bestandtheil des Erdkörpers. (S. S. 62.)

Die von der Direction *des poudres et salpêtres* unter Lavoisier angestellten Versuche haben bewiesen, dass bei dem Verdampfen von Salpeterlaugen die darin gelösten Salze sich mit dem Wasser verflüchtigen und einen Verlust herbeiführen, über den man sich vorher keine Rechenschaft geben konnte. Eben so bekannt ist, dass bei Stürmen von dem Meere nach dem Binnenlande hin, in der Richtung des Sturmes, sich die Blätter der Pflanzen mit Salzkristallen selbst auf 20 bis 30 engl. Meilen hin bedecken, aber es bedarf der Stürme nicht, um diese Salze zum Verflüchtigen zu bringen, die über dem Meere schwebende Luft trübt jederzeit die salpetersaure Silberlösung, jeder, auch der schwächste Luftzug entführt mit den Milliarden Centnern Seewasser, welche jährlich verdampfen, eine entsprechende Menge der darin gelösten Salze und führt Kochsalz, Chlorkalium, Bittererde und die übrigen Bestandtheile dem festen Lande zu.

Diese Verflüchtigung ist die Quelle eines beträchtlichen Verlustes in der Salzgewinnung aus schwachen Soolen. Auf der Saline Nauheim ist diese Erscheinung durch den dortigen Director Wilhelmi zur Evidenz nachgewiesen worden; eine Glasplatte auf einer hohen Stange zwischen zwei Gradingebäuden befestigt, die von einander etwa 1200 Schritte entfernt standen, fand sich des Morgens nach dem Auftrocknen des Thaus auf der einen oder anderen Seite nach der Richtung des Windes stets mit Salzkristallen bedeckt.

Das in steter Verdampfung begriffene Meer ¹⁾ verbreitet über die

1) Das Seewasser enthält nach Marcet in 1000 Theilen:

| | |
|--------|------------------------|
| 26,660 | Kochsalz, |
| 4,660 | schwefelsaures Natron, |
| 1,232 | Chlorkalium, |
| 5,152 | Chlormagnesium, |
| 1,500 | schwefelsauren Kalk. |

39,204.

(Siehe folgende Seite.)

ganze Oberfläche der Erde hin, in dem Regenwasser, manche der zum Bestehen einer schwachen Vegetation unentbehrlichen Salze, wir finden sie selbst da in ihrer Asche wieder, wo der Boden keine dieser Bestandtheile liefern konnte.

In der Betrachtung umfassender Naturerscheinungen haben wir keinen Maassstab mehr für das, was wir gewohnt sind, klein oder gross zu nennen; alle unsere Begriffe beziehen sich auf unsere Umgebungen, aber wie verschwindend sind diese gegen die Masse des Erdkörpers; was in einem begrenzten Raume kaum bemerkbar ist, erscheint in einem unbegrenzten unfassbar gross. Die Luft enthält nur ein Tausendtheil ihres Gewichts an Kohlensäure; so klein dieser Gehalt auch scheint, so ist er doch mehr als hinreichend, um Jahrtausende hinaus die lebenden Generationen mit Kohlenstoff zu versehen, selbst wenn er denselben nicht ersetzt werden würde. Das Seewasser enthält $\frac{1}{12400}$ seines Gewichtes an kohlensaurem Kalk, und diese in einem Pfunde kaum bestimmbare Menge ist die Quelle, welche Myriaden von Schaalthieren, Korallen etc. mit dem Material zu ihrem Gehäuse versieht.

Während die Luft nur 4 bis 6 Zehntausendtheile ihres Volumens an Kohlensäure enthält, beträgt der Kohlensäuregehalt des Meerwassers über hundertmal mehr (10,000 Volumen Meerwasser enthalten 620 Vol. Kohlensäure, Laurent, Bouillon-Lagrange), und in diesem Medium, worin eine ganze Welt von anderen Pflanzen und Thieren lebt, finden sich die nämlichen Bedingungen ihres Lebens vereinigt, welche das Bestehen lebender Wesen auf der Oberfläche des festen Bodens möglich macht ¹⁾.

Die Bedeutung des verdampfenden Meeres auch für die Landpflanzen ist nicht zu verkennen. —

Der Thonschiefer enthält meistens Einmischungen von Kupferoxyd, der Glimmerboden enthält Fluormetalle. Von diesen Bestandtheilen gehen geringe Mengen in den Organismus der Pflanze über, ohne dass sich behaupten lässt, sie seien ihr nothwendig.

In gewissen Fällen scheint das Fluorcalcium den phosphorsauren Kalk in den Knochen und Zähnen vertreten zu können, es lässt sich sonst wenigstens nicht erklären, woher es kommt, dass die nie fehlende

Das Nordseewasser enthält nach Clemm in 1000 Theilen:

- 24,84 Kochsalz,
- 2,42 Chlormagnesium,
- 2,06 schwefelsaure Magnesia,
- 1,31 Chlorkalium,
- 1,20 Gyps,

sowie unbestimmbare Mengen kohlensauren Kalk, Bittererde, Eisen, Mangan, phosphorsauren Kalk, Jod- und Brommetalle, organische Substanzen, Ammoniak und Kohlensäure.

¹⁾ Wird der trockne Salzurückstand von der Verdampfung des Meerwassers in einer Retorte zum Glühen erhitzt, so erhält man ein Sublimat von salzsaurem Ammoniak (Marcet).

Gegenwart desselben in den Knochen der antediluvianischen Thiere als Mittel dienen kann, um sie von Knochen aus späteren Perioden zu unterscheiden; die Schädelknochen von Menschen aus Pompeji sind eben so reich an Flusssäure, wie die der vorweltlichen Thiere. Werden sie gepulvert in einem verschliessbaren Glasgefässe mit Schwefelsäure übergossen, so findet sich dieses auf der Innenseite nach 24 Stunden aufs Heftigste corrodirt (J. L.), während die Knochen und Zähne der jetzt lebenden Thiere nur Spuren davon enthalten (Berzelius).

Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure), Wasser, organische Substanzen finden sich gleichfalls im Boden; sie stammen ursprünglich aus der Atmosphäre und sind von dieser dem Boden nur geliehen.

Der Boden bietet den Landpflanzen die zu ihrem Leben und ihrer vollständigen Entwicklung nothwendigen Aschenbestandtheile, und alle Böden, welche Pflanzenwuchs zeigen, enthalten sie als wesentliche Bestandtheile; ihr ausserordentlich verbreitetes Vorkommen erklärt sich auf die einfachste Weise; sie sind Bestandtheile der Felsarten, welche allgemein und in grossen Massen über die Erde verbreitet sind und von welchen die Ackererden ihren Ursprung ableiten.

Die Menge der Aschenbestandtheile der Gewächse in den verschiedenen Felsarten ist verschieden und aus dem Grunde die Fruchtbarkeit der Ackererden wechselnd. Allein selbst in fruchtbaren Böden sind die Mengen der mineralischen Pflanzennahrungsstoffe verhältnissmässig nur gering.

Die chemische Analyse mit ihren strengen Methoden beweist, dass es unter tausend Feldern kaum ein einziges giebt, welches von den Aschenbestandtheilen der Kleepflanze z. B. mehr als ein Procent in dem zum Bedarfe der Kleepflanze nöthigen Verhältniss enthält.

Im Jahre 1848 liess das königliche Landesökonomiecollegium in Berlin die Ackererde von vierzehn verschiedenen Orten des Königreichs einer chemischen Untersuchung unterwerfen. Die Proben wurden von möglichst gleichförmigen Feldern genommen, und jede derselben drei verschiedenen Chemikern zur Analyse übergeben. Das Ergebniss dieser Analyse ist, dass an Phosphorsäure und Kali fünf Felder $\frac{2}{10}$ Procent, sechs zwischen $\frac{2}{10}$ und $\frac{5}{10}$ und drei zwischen $\frac{5}{10}$ und $\frac{6}{10}$ Procent im Mittel enthielten.

Von einer Unerschöpflichkeit des Bodens an den Aschenbestandtheilen der Gewächse kann daher nicht gesprochen werden, und die Bedeutung des Wiederersatzes dieser durch die Culturpflanzen dem Boden entzogenen Nährstoffe ist nicht zu verkennen.

Das Verhalten der Ackererde zu den Aschenbestandtheilen der Gewächse.

Es giebt in der Chemie keine wunderbarere Erscheinung, keine, welche alle menschliche Weisheit so sehr verstummen macht, wie die, welche das Verhalten eines für den Pflanzenwuchs geeigneten Acker- oder Gartenbodens darbietet.

Durch die einfachsten Versuche kann sich jeder überzeugen, dass beim Durchfiltriren von Regenwasser durch Ackererde oder Gartenerde dieses Wasser in der Mehrzahl der Fälle kaum nennenswerthe Spuren von Kali, von Kieselsäure, von Ammoniak, von Phosphorsäure auflöst, dass die Erde von den Pflanzennährstoffen, die sie enthält, wenig oder gar nichts an das Wasser abgiebt. Der anhaltendste Regen vermag dem Felde, ausser durch mechanisches Hinwegschwemmen, keine von den Hauptbedingungen seiner Fruchtbarkeit zu entziehen.

Die Ackerkrume hält aber nicht nur fest was von Pflanzennährungsstoffen einmal in ihr ist, sondern ihr Vermögen, den Pflanzen zu erhalten, was diese bedürfen, reicht noch viel weiter. Wenn Regen oder ein anderes Wasser, welches Ammoniak, Kali, Phosphorsäure, Kieselsäure in aufgelöstem Zustand enthält, mit Ackererde zusammengebracht wird, so verschwinden diese Stoffe beinahe augenblicklich aus der Lösung; die Ackererde entzieht sie dem Wasser.

Füllt man einen Trichter mit Ackererde, und giesst auf diese Erde eine verdünnte Auflösung von kieselurem Kali (Kaliwasserglas), so lässt sich in dem abfliessenden Wasser kein Kali oder nur Spuren von Kali und nur unter gewissen Umständen Kieselsäure entdecken.

Löst man frisch gefällten phosphorsauren Kalk oder phosphorsaure Bittererde in Wasser, welches mit Kohlensäure gesättigt ist, und lässt diese Lösungen in gleicher Weise durch Ackererde durchfiltriren, so enthält das abfliessende Wasser keine Phosphorsäure. Eine Auflösung von phosphorsanrem Kalk in verdünnter Schwefelsäure oder von phosphorsanrem Bittererde-Ammoniak in kohlensaurem Wasser verhält sich auf gleiche Weise. Die Phosphorsäure des phosphorsauren Kalks, die Phosphorsäure und das Ammoniak des Bittererde-salzes bleiben in der Erde zurück.

Die Kohle verhält sich gegen manche lösliche Salze ähnlich; sie nimmt Farbstoffe und Salze aus Flüssigkeiten in sich auf, es liegt nahe, den Grund der Wirkung beider in einerlei Ursache zu suchen; bei der Kohle ist es eine chemische Anziehung, die von der Oberfläche ausgeht, aber bei der Ackererde nehmen ihre Bestandtheile an ihrer Wirkung Theil, und sie ist deshalb in vielen Fällen eine ganz andere.

Kali und Natron stehen sich bekanntlich in ihrem chemischen Verhalten ganz ausserordentlich nahe, und auch ihre Salze haben viele Eigenschaften mit einander gemein. Chlorkalium z. B. hat dieselbe Krystallgestalt wie Kochsalz, in Geschmack und Löslichkeit sind sie wenig verschieden. Ein Ungeübter unterscheidet beide kaum, aber die Ackerkrume unterscheidet sie vollkommen.

Wenn man Kochsalz durch Ackererde filtriren lässt, so läuft nahe so viel Chlornatrium ab, als man aufgegossen hat, aber eine Chlorkaliumlösung wird zersetzt, das Kalium bleibt in der Erde, das Chlor fliesst als Chlorcalcium hindurch. Bei dem Kalium fand mithin ein Austausch statt, bei dem Natrium nur theilweise. Das Kali ist ein Bestandtheil aller unserer Landpflanzen, das Natron findet sich nur ausnahmsweise in den Aschen. Bei schwefelsaurem und salpetersaurem Natron werden von dem Natron nur Spuren zurückgehalten, bei schwefelsaurem und salpetersaurem Kali bleibt alles Kali in der Erde zurück. Besonders zu diesem Zweck angestellte Versuche haben gezeigt, dass 1 Litre = 1000 cbcm Gartenerde (reich an Kalk) das Kali aus 2025 cbcm kieselaurer Kalilösung aufnehmen, welche auf 1000 cbcm 2,78 g Kieselsäure und 1,166 g Kali enthielt, und es berechnet sich hieraus, dass 1 Hectare Feld von derselben Beschaffenheit auf $\frac{1}{4}$ Meter (= 10 Zoll) Tiefe einer gleichen Lösung über 10000 Pfd. Kali entziehen und für den Bedarf der Pflanzen festhalten würde. Ein in gleicher Weise angestellter Versuch mit einer Auflösung von phosphorsaurem Bittererde-Ammoniak in kohlsaurem Wasser zeigte, dass eine Hectare Feld 5000 Pfd. von diesem Salz einer solchen Lösung entziehen würde. Ein Lehm Boden (arm an Kalk) verhielt sich auf gleiche Weise.

Dies giebt einen Begriff von der mächtigen Wirkung der Ackererde, von der Stärke ihrer Anziehung gegen drei Hauptnahrungstoffe unserer Culturpflanzen, die für sich bei ihrer grossen Löslichkeit in reinem und kohlsaurem Wasser, besässe die Ackererde diese Eigenschaft nicht, im Boden nicht erhalten werden könnten ¹⁾.

Aus gefaultem Harn, Mistjauche mit vielem Wasser verdünnt, oder Gülle, oder aus einer Auflösung von Guano in Wasser nimmt Ackererde das darin enthaltene Ammoniak, das Kali und die Phos-

¹⁾ Diese Versuche sind so einfach und leicht auszuführen, dass sie sich zu Collegienversuchen eignen. Zu beachten dabei ist, dass sich beim Durchfiltriren leicht Canäle bilden, durch welche die vollständige Berührung der Flüssigkeit mit der Erde verhindert wird; es ist deshalb nöthig, sehr verdünnte Auflösungen zu nehmen, von dem kieselaurer Kali, Chlorkalium etc. 1 Theil Substanz auf 500 Wasser. Die anderen, wie phosphorsaurer Kalk in kohlsaurem Wasser, können in gesättigter Lösung verwendet werden. Meistens zeigt in dem ersten Filtrat bei letzteren Salzen die Molybdänsäureprobe schon keine Phosphorsäure mehr an; beim einfachen Mischen von einer Bodenart, mit einer auf Curcuma deutlich alkalisch reagirenden Lösung von kieselaurer Kali, verliert dieselbe augenblicklich diese Reaction.

phorsäure auf, und wenn die Menge der Erde genügte, so enthält das abfliessende Wasser nicht mehr als höchstens Spuren davon.

Die Eigenschaft der Ackerkrume, Ammoniak, Kali, Phosphorsäure, Kieselsäure ihren Auflösungen zu entziehen, ist begrenzt; jede Bodenart besitzt dafür eine eigene Capacität; bringt man diese Lösungen damit in Berührung, so sättigt sich die Erde mit dem gelösten Stoff, ein Ueberschuss desselben bleibt alsdann in Lösung, und kann mit den gewöhnlichen Reagentien nachgewiesen werden. Der Sandboden absorbiert bei gleichem Volum weniger als der Mergelboden, dieser weniger als Thonboden. Die Abweichungen in der absorbirten Menge sind aber ebenso gross wie die Verschiedenheiten der Bodensorten selbst. Man weiss, dass keiner dem anderen gleich ist; es ist nicht unwahrscheinlich, dass gewisse Eigenthümlichkeiten in der landwirthschaftlichen Cultur mit dem ungleichen Absorptionsvermögen der verschiedenen Bodenarten für einen der genannten Stoffe in einer bestimmten Beziehung stehen, und es ist nicht unmöglich, dass wir durch die nähere Ermittlung derselben ganz neue und unerwartete Anhaltspunkte zur Beurtheilung des landwirthschaftlichen Werthes oder der Güte der Felder gewinnen.

Bemerkenswerth ist die Wirkung einer Erde auf diese Lösungen, welche reich an organischen Materien ist. Ein an organischen Materien armer Thon- oder Kalkboden entzieht der Lösung von kieselsaurem Kali alles Kali und alle Kieselsäure, der an organischen Materien, an sogenanntem Humus reiche, entzieht das Kali, aber die Kieselsäure, bleibt in der Flüssigkeit gelöst zurück. Dieses Verhalten erinnert unwillkürlich an die Wirkung, welche verwesende Pflanzenüberreste im Boden auf die Entwicklung der Pflanzen ausüben, die grosse Mengen von Kieselsäure bedürfen, wie die Halmgewächse, Schilf und Schachtelhalm, welche letzteren in sogenanntem saurem Moor- und Wiesenboden vorherrschen; wird dieser Boden gekalkt, so verschwinden bekanntlich diese Pflanzen und machen den besseren Futtergewächsen Platz.

Der Versuch zeigt, dass die nämliche an humosen Stoffen reiche Garten- und Walderde, welche der Lösung des kieselsauren Kalis keine Kieselsäure entzogen hat, diese Eigenschaft augenblicklich gewinnt, wenn man sie vor dem Zusammenbringen mit dem Silicat mit etwas gelöschtem Kalk mischt; es bleiben alsdann beide Bestandtheile, Kieselsäure und Kali in der Erde zurück.

Wenn aber die Ackererde das Ammoniak, das Kali, die Phosphorsäure, die Kieselsäure ihren Lösungen in Wasser entzieht, so ist es unmöglich, dass das Regenwasser, welches auf die Erde fällt, der Ackererde diese Stoffe entziehen kann. Der Boden enthält diese Stoffe in unlöslichem, aber in einem für die Aufnahme durch die Wurzeln geeigneten Zustand; die Wurzelfasern greifen den Stein direct an, durch sie empfangen die in der Ackerkrume vorhandenen Nahrungsstoffe die ihnen fehlende Löslichkeit und Uebergangsfähigkeit in die Pflanze.

In der Umgebung von München z. B. haben Tausende von Tagwerken eine nur 6 Zoll hohe Ackerkrume auf einem Untergrund von Rollsteinen, der das Wasser gleich einem Siebe durchlässt. Wären seine oder die Bestandtheile des Düngers, die ihm gegeben worden, löslich in Regenwasser, so würde längst keine Spur mehr darin zu finden sein; ohne dies Vermögen würden dessen Bestandtheile für sich unfähig sein, der auflösenden Kraft der Atmosphäre und des Regens zu widerstehen.

Aus dem Verhalten der Ackerkrume geht hervor, dass die Pflanze in der Aufnahme ihrer Nahrung selbst eine Rolle spielen muss; die Verdunstung durch die Blätter wirkt unzweifelhaft mit, aber in dem Boden besteht eine Polizei, welche die Pflanze vor einer schädlichen Zufuhr schützt. Was der Boden darbietet, kann nur dann in die Pflanze übergehen, wenn eine innere, in der Wurzel thätige Ursache mitwirkt, an das Wasser allein giebt der Boden keine erhebliche Mengen von Pflanzennährstoffen ab; welches diese Ursache und die Art ihrer Wirkung ist, muss noch näher ermittelt werden; hierüber angestellte Versuche zeigen, dass Gemüsepflanzen, mit ihren Wurzeln so viel als möglich ohne Beschädigung derselben aus dem Boden genommen, welche man in neutraler blauer Lackmustinctur vegetiren lässt, diese Flüssigkeit roth färben; die Wurzeln scheiden hiernach eine Säure aus; beim Kochen wird die geröthete Tinctur wieder blau, diese Säure ist demnach Kohlensäure. Es ist ferner eine sehr bemerkenswerthe Thatsache, dass die Wurzeln der Landpflanzen zwischen Lackmuspapier gepresst, dieses stark und bleibend roth färben, die Wurzeln also mit einer fixe Säuren enthaltenden Flüssigkeit imbibirt sind. (M. vergl. übrigens Abth. II: Boden.)

Zu den beschriebenen Eigenschaften der Ackererde gesellt sich eine weitere, welche nicht minder merkwürdig und einflussvoll ist. Dies ist das Vermögen derselben, der feuchten Luft den Wasserdampf zu entziehen und in ihren Poren zu verdichten. Man wusste zwar seit Langem schon, dass die Ackererde zu den den Wasserdampf sehr stark anziehenden Substanzen gehört, allein erst durch von Babo haben wir erfahren, dass sie in dieser Eigenschaft der concentrirten Schwefelsäure gleichgestellt werden muss, welche sie unter allen im stärksten Grade besitzt. Bringt man einige Unzen Ackererde bei einer nicht höheren Temperatur als 35 bis 40° C. getrocknet in eine Flasche mit Luft, welche bei 20° C. vollständig mit Wasserdampf gesättigt ist, der sich also bei der geringsten Abkühlung unter diesen Temperaturgrad als Thau absetzen würde, so ist nach Verlauf von wenigen Minuten die Luft so vollständig ihrer Feuchtigkeit beraubt, welche die Erde angezogen hat, dass sie auch bei einem Kältegrad von 8 bis 10° C. kein Wasser, d. h. keinen Thaubeschlag mehr absetzt; die Spannung des Wasserdampfes ist von 17 mm auf weniger als 2 mm herabgedrückt.

In einer Luft, die man mit Wasserdampf gesättigt erhält, verliert die Ackererde ihre absorbirende Kraft für den Wasserdampf in eben

dem Grade, als sie selbst sich damit gesättigt hat. Bei vollkommenerer Sättigung nimmt sie kein Wasser aus der Luft mehr auf. Aus jeder Luft von 20° C., welche Wassergas von mehr als 2 mm Spannkraft enthält, entzieht die trockne Ackerkrume so lange Wasser, bis sich ein Gleichgewichtszustand der Spannkraft des Wasserdampfes in der Luft oder der Kraft, welche den Gaszustand zu erhalten, und der anziehenden Kraft in der Erde, die ihn aufzuheben strebt, hergestellt hat.

Die Erde, welche sich durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft bei einer gegebenen Temperatur damit gesättigt hat, giebt an trockne Luft eine gewisse Quantität davon wieder ab und ebenso, wenn die Temperatur der Luft steigt; einer noch feuchteren Luft hingegen entzieht sie Wasser, bis das Gleichgewicht hergestellt ist.

Die Vorgänge der Absorption und Verdunstung sind von einer wichtigen Erscheinung begleitet: bei der Absorption des Wasserdampfes erwärmt sich die Erde und sie kühlt sich beim Verdampfen ab. Hängt man ein leinenes Säckchen mit trockner Ackererde, in dessen Mitte sich ein Thermometer befindet, in ein Gefäss mit feuchter Luft, so sieht man das Quecksilber des Thermometers nach einigen Augenblicken steigen; in von Babo's Versuchen stieg in einer an organischen Stoffen reichen Erde die Temperatur von 20° bis auf 31° C., in einem Sandboden auf 27° C. In gleicher Weise verhielt sich Ackererde, die in Luft von 20° C. und 12° Thaupunkt sich theilweise mit Feuchtigkeit gesättigt hatte, in mit Wasserdampf gesättigter Luft, die Temperatur erhöhte sich um 2 bis 3 Grade. Die eben beschriebenen Erscheinungen müssen auf die Vegetation einen ganz bestimmten Einfluss äussern, auch wenn die hervorgehobenen Extreme der Erwärmung nur selten eintreten mögen, so sind die dazwischen liegenden Fälle um so häufiger.

Wenn im heissen Sommer die Oberfläche des Bodens austrocknet, ohne dass ein Ersatz aus tieferen Erdschichten durch capillare Anziehung statthat, liefert die mächtige Anziehung des Bodens zu dem gasförmigen Wasser in der Luft die Mittel zur Erhaltung der Vegetation.

Der zu verdichtende Wasserdampf wird durch zwei Quellen geliefert. Während der Nacht sinkt die Temperatur der Luft; wenn die Spannkraft des darin enthaltenen Wasserdampfes erniedrigt ist, und auch ohne dass die Temperatur der Luft auf den Thaupunkt sinkt, tritt durch die Anziehung der Ackerkrume Aufnahme von Wasser (Ammoniak und Kohlensäure), begleitet von Wärmeentwicklung ein, welche die Erkältung des Bodens durch Ausstrahlung mässigt. Ganz besonders muss diese Erscheinung in den regenlosen tropischen Gegenden von dem eingreifendsten Einfluss sein. Ist ihre Wirkung in unseren gemässigten Klimaten auch keineswegs so stark als dort, so kann sie dennoch nicht als verschwindend angesehen werden, die hier auftretende Temperaturerhöhung des Bodens beträgt, da die Verdichtung allmählig erfolgt, in vielen Fällen gewiss nur Bruchtheile eines Grades, allein für viele Gewächse sind es diese Bruchtheile, die ihr besseres Gedeihen ermöglichen;

der Boden wird und erhält sich wärmer als seine Temperatur sein würde ohne diese Eigenschaft. Eine zweite Quelle, aus welcher die ausgetrocknete Ackerkrume, vermittelt ihres Absorptionsvermögens, ihre Feuchtigkeit schöpft, bieten die tieferliegenden feuchten Erdschichten. Von ihnen aus muss nach der Oberfläche eine beständige Destillation von Wasserdampf statthaben, dessen Absorption von einer gleichen Wärmeentwicklung in den oberen Schichten begleitet ist. Indem man durch Drainirung das durch capillare Anziehung aufsteigende Wasser tiefer legt, empfängt jetzt die trockne Ackerkrume eine Menge Feuchtigkeit in Gasgestalt aus den unteren Schichten, welche für das Bedürfniss der Gewächse dient und gleichzeitig die Ackerkrume erwärmt.

In diesen Thatsachen erkennen wir eines der merkwürdigsten Naturgesetze. An der äussersten Erdkruste soll sich das organische Leben entwickeln, und die weiseste Einrichtung giebt ihren Trümmern das Vermögen, alle diejenigen Nahrungsstoffe aufzusammeln und festzuhalten, welche Bedingungen desselben sind. Dieses Vermögen bewahrt auch in den scheinbar ungünstigsten Verhältnissen dem fruchtbaren Boden die darin enthaltenen oder gegebenen Bedingungen seiner Fruchtbarkeit.

Die Brache.

Die Landwirthschaft ist eine Kunst und eine Wissenschaft. Die wissenschaftliche Grundlage derselben umfasst die Kenntniss aller Bedingungen des Lebens der Vegetabilien, des Ursprungs ihrer Elemente und der Quellen ihrer Nahrung.

Aus dieser Kenntniss entwickeln sich bestimmte Regeln für die Ausübung der Kunst, Grundsätze der Nothwendigkeit oder Nützlichkeit aller mechanischen Operationen des Feldbaues, welche das Gedeihen der Gewächse vorbereiten und befördern und die auf sie einwirkenden schädlichen Einflüsse beseitigen.

Keine in der Ausübung dieser Kunst gemachte Erfahrung kann im Widerspruche stehen mit den wissenschaftlichen Principien, eben weil diese, aus allen Beobachtungen zusammengekommen abgeleitet, nur ein geistiger Ausdruck dafür sind.

Die Theorie kann keiner Erfahrung widersprechen, eben weil sie nichts anderes ist, als die Zurückführung einer Reihe von Erscheinungen auf ihre letzten Ursachen.

Ein Feld, auf dem wir eine Anzahl von Jahren hintereinander die nämliche Pflanze cultiviren, wird in 3, ein anderes in 7, ein anderes in 20, ein anderes erst in 100 Jahren unfruchtbar für die nämliche

Pflanze. Das eine Feld trägt Weizen, keine Bohnen, es trägt Rüben, aber keinen Taback, ein drittes giebt reichliche Ernten von Rüben, aber keinen Klee.

Was ist der Grund, dass der Acker für eine und dieselbe Pflanze nach und nach seine Fruchtbarkeit verliert? Was ist der Grund, dass die eine Pflanzengattung darauf gedeiht, dass die andere darauf fehlschlägt?

Diese Fragen stellt die Wissenschaft.

Welche Mittel sind nothwendig, um dem Acker seine Fruchtbarkeit für eine und dieselbe Pflanze zu erhalten? um ihn für zwei, für drei, für alle Culturpflanzen fruchtbar zu machen?

Diese letzteren Fragen stellt sich die Kunst, sie sind aber nicht lösbar durch die Kunst.

Wenn der Landwirth, ohne durch ein richtiges wissenschaftliches Princip geleitet zu sein, sich Versuchen hingiebt, um einen Acker für eine Pflanze fruchtbar zu machen, die er sonst nicht trägt, so ist die Aussicht auf Erfolg nur gering. Tausende von Landwirthen stellen ähnliche Versuche nach mannigfaltigen Richtungen an, deren Resultat zuletzt eine Anzahl von praktischen Erfahrungen umfasst, welche zusammen eine Methode der Cultur bilden, wodurch der gesuchte Zweck für eine gewisse Gegend erreicht wird. Allein die nämliche Methode schlägt für den nächsten Nachbar schon fehl, sie hört auf, für eine zweite und dritte Gegend vortheilhaft zu sein.

Welche Masse von Capital und Kraft geht in diesen Experimenten verloren! Wie ganz anders, wie viel sicherer ist der Weg, den die Wissenschaft befolgt, er setzt uns, wenn wir ihn betreten, nicht der Gefahr des Misslingens aus und gewährt uns alle Bürgschaften des Gewinns.

Ist die Ursache des Fehlschlagens, die Ursache der Unfruchtbarkeit des Bodens für eine, für zwei, für die dritte Pflanze ermittelt, so ergeben sich die Mittel zur Beseitigung von selbst.

Die bestimmtesten Beobachtungen beweisen, dass die Culturmethoden je nach der geognostischen Beschaffenheit des Bodens von einander abweichen. Denken wir uns in dem Basalt, Grauwacke, Porphy, Sandstein, Kalk etc. eine gewisse Anzahl chemischer Verbindungen in wechselnden Verhältnissen enthalten, welche, für die Pflanzen zu ihrem Gedeihen unentbehrlich, der fruchtbare Boden ihnen darbieten muss, so erklärt sich die Verschiedenheit der Culturmethoden auf eine höchst einfache Weise; denn es ist klar, dass der Gehalt der Ackererde an diesen so wichtigen Bestandtheilen in eben dem Grade, wie die Zusammensetzung der Felsarten, durch deren Verwitterung sie entstanden ist, wechseln muss.

Die Weizenpflanze, der Klee, die Rüben bedürfen gewisser Bestandtheile aus dem Boden, sie gedeihen nicht in einer Erde, in welcher sie fehlen. Die Wissenschaft lehrt uns aus der Untersuchung ihrer Asche

diese Bestandtheile kennen, und wenn uns die Analyse eines Bodens zeigt, dass sie darin fehlen, so ist diese Ursache seiner Unfruchtbarkeit ermittelt.

Die Beseitigung dieser Unfruchtbarkeit ist damit aber gegeben.

Die Empirie schreibt allen Erfolg der Kunst, den mechanischen Operationen des Feldbaues zu, sie legt ihnen den höchsten Werth bei, ohne darnach zu fragen, auf welchen Ursachen ihr Nutzen beruht, und doch ist diese Kenntniss von der höchsten Wichtigkeit, weil sie die Verwendung der Kraft und des Capitals auf die vortheilhafteste Weise regelt und jeder Verschwendung derselben vorbeugt. Ist es denkbar, dass der Durchgang der Pflugschaar, der Egge durch die Erde, dass die Berührung des Eisens dem Boden wie durch einen Zauber Fruchtbarkeit ertheilt! Niemand wird diese Meinung hegen, und dennoch ist diese Frage in der Agricultur noch nicht aufgestellt, wie viel weniger gelöst; gewiss ist es beim sorgfältigen Pflügen nur die weitgetriebene mechanische Zertheilung, der Wechsel und die Vergrösserung der Oberfläche, durch welche der günstige Einfluss ausgeübt wird; aber die mechanische Operation ist nur Mittel zum Zwecke.

Unter den Wirkungen der Zeit, im Besondern in der Landwirthschaft, in dem Brachliegen, dem Ausruhen des Feldes, begreift man in der Naturwissenschaft gewisse chemische Actionen, welche unausgesetzt ausgeübt werden durch die Bestandtheile der Atmosphäre auf die Oberfläche der festen Erdrinde. Es ist die Kohlensäure, der Sauerstoff der Luft, die Feuchtigkeit, das Regenwasser, durch deren Einwirkung gewisse Bestandtheile der Fels- und Gebirgsarten, oder ihre Trümmer, welche die Ackererde bilden, die Fähigkeit empfangen, sich im Wasser zu lösen und im Boden zu verbreiten.

Man weiss, dass diese chemischen Actionen den Begriff von dem Zahn der Zeit in sich fassen, welcher die Werke der Menschen vernichtet und den härtesten Felsen nach und nach in Staub verwandelt; durch ihren Einfluss werden in der Ackererde gewisse Bestandtheile des Bodens für die Pflanze assimilirbar, und es ist nun gerade dieser Zweck, welcher durch die mechanischen Operationen des Feldbaues erreicht werden soll. Sie sollen die Verwitterung beschleunigen und damit einer neuen Generation von Pflanzen die ihnen nöthigen Bodenbestandtheile in dem zur Aufnahme geeigneten Zustande darbieten. Es ist einleuchtend, dass die Schnelligkeit des Löslichwerdens eines festen Körpers zunehmen muss mit seiner Oberfläche, je mehr Punkte wir in der gegebenen Zeit den einwirkenden Thätigkeiten darbieten, desto rascher wird die Verbindung vor sich gehen.

Um in der Analyse ein Mineral aufzuschliessen, um seinen Bestandtheilen Löslichkeit zu geben, muss sich der Chemiker der ermüdendsten, langweiligsten und sehr schwierigen Operation der Verwandlung desselben in das feinste Pulver hingeben; durch Schlämmen scheidet er den feinsten Staub von den gröberen Theilen ab, er setzt seine Geduld auf alle mög-

lichen Proben, weil er weiss, die Aufschliessung ist nicht vollkommen, seine ganze Operation misslingt, wenn er in den Vorbereitungen minder aufmerksam verfährt.

Welchen Einfluss die Vergrösserung der Oberfläche eines Steins auf seine Verwitterbarkeit ausübt, auf die Veränderungen nämlich, die er durch die Actionen der Bestandtheile der Atmosphäre und des Wassers erfährt, lässt sich in den Goldbergwerken zu Yaquil in Chili, welche Darwin auf eine so interessante Art beschreibt, in einem grossen Maassstabe beobachten.

Das goldführende Gestein wird auf Mühlen in das feinste Pulver verwandelt und die leichteren Steintheile von den Metalltheilen durch einen Schlammprocess geschieden. Durch den Wasserstrom werden die Steintheilchen hinweggeführt, die Goldtheilchen fallen zu Boden. Der abfliessende Schlamm wird in Teiche geleitet, wo er in der Ruhe sich wieder absetzt. Wenn der Teich sich nach und nach damit anfüllt, wird der Schlamm herausgezogen und auf Haufen sich selbst, d. h. der Wirkung der Luft und Feuchtigkeit überlassen. Nach der Natur des Waschprocesses, dem es unterworfen worden war, kann dieses feinertheilte Gestein keinen löslichen Bestandtheil, keine Salztheile, mehr enthalten. Mit dem Wasser bedeckt, also beim Abschlusse der Luft, auf dem Boden des Teiches erlitt es keine Veränderung, allein der Luft und Feuchtigkeit gleichzeitig ausgesetzt, stellt sich eine mächtige chemische Action in dem Haufen ein, die sich durch Auswitterung reichlicher Salzefflorescenzen, welche die Oberfläche bedecken, zu erkennen giebt.

Nach einer zwei- bis dreijährigen Aussetzung wird der Schlammprocess mit diesem hart gewordenen Schlamm wiederholt und so sechs- bis siebenmal, wo man stets, wiewohl in abnehmendem Verhältnisse, neue Quantitäten Gold daraus gewinnt, welche durch den chemischen Process der Verwitterung blossgelegt, d. h. ausscheidbar wurden.

Es ist dies die nämliche chemische Action, die in der Ackererde vor sich geht, die wir durch die mechanischen Operationen des Feldbaues steigern und beschleunigen. Wir erneuern die Oberfläche und suchen jeden Theil der Ackerkrume der Wirkung der Kohlensäure, des Sauerstoffs und des Wassers zugänglich zu machen. Wir schaffen einen Vorrath aufnehmbarer Mineralsubstanzen, welche der neuen Generation von Pflanzen zur Nahrung, zum Gedeihen unentbehrlich sind.

Alle Culturpflanzen bedürfen der Alkalien, der alkalischen Erden, überhaupt der Aschenbestandtheile. Diese Nährstoffe müssen in der Aufnahmsform und so vertheilt im Boden vorhanden sein, dass die Wurzeln an jeder Stelle des Bodens die Menge der Nahrung vorfinden, welche die Pflanze zu ihren Gedeihen bedarf.

Die in der Natur vorkommenden Silicate unterscheiden sich durch die grössere oder geringere Verwitterbarkeit, durch den ungleichen Widerstand, den ihre Bestandtheile der auflösenden Kraft der atmosphärischen Agentien entgegensetzen, sehr wesentlich von einander. Der Gra-

nit von Corsica, der Feldspath von Karlsbad zerfällt zu Pulver in einer Zeit, wo der polirte Granit der Bergstrasse seinen Glanz noch nicht verliert.

Es giebt Bodenarten, die an leicht verwitterbaren Silicaten so reich sind, dass in einem oder von zwei zu zwei Jahren eine Quantität kieselsaures Kali auflöslich und assimilirbar wird, die für eine ganze Ernte Weizen zur Bildung der Blätter und Halme hinreicht.

In Ungarn sind grosse Strecken Landes nicht selten, wo seit Menschengedenken auf einem und demselben Felde Weizen und Tabak abwechselnd gebaut werden, ohne dass dieses Land jemals etwas von den Mineralbestandtheilen zurückempfängt, die mit dem Stroh und Korn hinweggenommen wurden. Es giebt Felder, in denen erst nach Verlauf von zwei, von drei oder mehr Jahren die für eine Ernte Weizen nöthige Quantität Mineralbestandtheile assimilirbar wird.

Brache heisst nun im weitesten Sinne diejenige Periode der Cultur, wo man den Boden unter den geeigneten Umständen dem Einflusse der Witterung überlässt, damit die chemisch gebundenen Bestandtheile der Silicate, welche Pflanzennahrungsstoffe sind, in den löslichen und physikalisch gebundenen (direct aufnahmefähigen) Zustand übergehen; und damit ausserdem die zwar geradezu wirksamen aber ungleichmässig im Boden vertheilten Pflanzennahrungsstoffe gleichmässig in demselben verbreitet werden. Im engeren Sinne bezieht sich das Brachliegen stets nur auf die Intervalle in der Cultur der Getreidepflanzen, um für diese an allen Stellen des Bodens und soweit ihre Wurzeln reichen, eine solche Menge assimilirbarer Bodenbestandtheile herzustellen, wie sie für eine gute Ernte nöthig ist.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass die mechanische Bearbeitung des Feldes das einfachste und wohlfeilste Mittel ist, um die im Boden enthaltenen Nahrungsstoffe den Pflanzen zugänglich zu machen.

Giebt es nun, kann man fragen, ausser den mechanischen nicht noch andere Mittel, welche dazu dienen können, den Boden aufzuschliessen, seine Nährstoffe zu verbreiten und die Aufnahme derselben in den Organismus der Pflanze vorzubereiten? Diese Mittel giebt es allerdings ¹⁾, und unter ihnen ist vorzüglich der gebrannte Kalk in England seit einem Jahrhundert in einem grossen Maassstabe im Gebrauch; es würde sehr schwer sein, ein einfacheres und dem Zwecke entsprechenderes aufzufinden.

Um aber eine richtige Ansicht über die Wirkung des Kalks auf die chemisch gebundenen Aschenbestandtheile der Ackerkrume zu gewinnen, ist es nöthig, sich an die Processe zu erinnern, welche der Chemiker zu Hülfe nimmt, um in einer gegebenen kurzen Zeit ein Mineral aufzuschliessen, seine Bestandtheile in den auflöslichen Zustand zu versetzen.

¹⁾ Ueber die Wirkungen des Chilisalpeters, der Ammoniaksalze und des Kochsalzes in dieser Beziehung vergleiche man den II. Theil dieses Werkes.

Der aufs Feinste gepulverte Feldspath z. B. bedarf für sich einer wochen- oder monatelangen Behandlung mit einer Säure, um ihn aufzulösen; mischen wir ihn aber mit Kalk und setzen ihn einer mässig starken Glühhitze aus, so geht der Kalk eine chemische Verbindung mit den Bestandtheilen des Feldspathes ein. Ein Theil des im Feldspath gebundenen Alkalis (Kali) wird in Freiheit gesetzt, und das blosses Uebergiessen mit einer Säure reicht jetzt schon in der Kälte hin, nicht nur um den Kalk, sondern auch die anderen Bestandtheile des Feldspathes in der Säure zu lösen. Von der Kieselerde wird soviel von der Säure aufgenommen, dass die letztere zu einer durchscheinenden Gallerte gesteht.

Aehnlich nun, wie der Kalk zum Feldspath beim Brennen, verhält sich der gelöschte Kalk zu den meisten alkalischen Thonerdesilicaten, wenn sie im feuchten Zustande längere Zeit mit einander in Berührung bleiben. Zwei Mischungen, die eine von gewöhnlichem Töpferthon oder Pfeifenerde mit Wasser, die andere von Kalkmilch, werden beim Zusammenschütten augenblicklich dicker. Ueberlässt man sie Monate lang in diesem Zustande sich selbst, so gelatinirt jetzt der mit Kalkbrei gemischte Thon, wenn man ihn mit einer Säure zusammenbringt; diese Eigenschaft ging ihm vor der Berührung mit Kalk beinahe völlig ab. Der Thon wird, indem der Kalk eine Verbindung mit seinen Bestandtheilen eingeht, aufgeschlossen, und was noch merkwürdiger ist, der grösste Theil der darin enthaltenen Alkalien wird in Freiheit gesetzt. Diese schönen Beobachtungen sind zuerst von Fuchs in München gemacht worden, sie haben nicht allein zu Aufschlüssen über die Natur und Eigenschaften der hydraulischen Kalke geführt, sondern, was für weit wichtiger gehalten werden muss, sie haben die Wirkungen des ätzenden gelöschten Kalkes auf die Ackerkrume erklärt und der Agricultur ein unschätzbares Mittel geliefert, um den Boden aufzuschliessen und die den Pflanzen unentbehrlichen Alkalien in Freiheit zu setzen.

Im October haben die Felder in Yorkshire und Lancashire das Ansehen, wie wenn sie mit Schnee bedeckt wären. Ganze Quadratmeilen sieht man mit gelöschtem oder an der Luft zerfallenem Kalke bedeckt, der in den feuchten Wintermonaten seinen wohlthätigen Einfluss auf den steifen Thonboden ausübt.

Im Sinne der verlassenen Humustheorie sollte man denken, dass der gebrannte Kalk eine sehr nachtheilige Wirkung auf den Boden ausüben müsste, weil die darin enthaltenen organischen Materien durch den Kalk zerstört, weil sie unfähig dadurch gemacht werden, einer neuen Vegetation Humus abzugeben, allein es tritt ganz das Gegentheil ein, die Fruchtbarkeit des Bodens findet sich durch den Kalk erhöht. Die Cerealien bedürfen der Alkalien, der löslichen kieselsauren Salze, welche durch die Wirkung des Kalkes für die Pflanze assimilirbar gemacht werden. Ist nebenbei noch eine verwesende Materie vorhanden, welche der Pflanze Kohlensäure liefert, so wird die Entwicklung befördert, allein nothwendig ist sie nicht. Geben wir dem Boden Ammoniak und

die den Getreidepflanzen unentbehrlichen phosphorsauren Salze, im Fall sie in ihm fehlen, so haben wir alle Bedingungen zu einer reichlichen Ernte erfüllt, denn die Atmosphäre ist ein ganz unerschöpfliches Magazin von Kohlensäure.

Einen nicht minder günstigen Einfluss auf die Fruchtbarkeit des Thonbodens übt in torfreichen Gegenden das blosse Brennen desselben aus.

Die Beobachtung des merkwürdigen Wechsels in seinen Eigenschaften, welche der Thon durch Brennen erfährt, ist noch nicht alt, man hat sie zuerst in Mineralanalysen an manchen Thonsilicaten gemacht. Viele derselben, welche im natürlichen Zustande von Säuren nicht angegriffen werden, erlangen eine vollkommene Löslichkeit, wenn man sie vorher zum Glühen und Schmelzen erhitzt. Zu diesen gehört der Töpferthon, Pfeifenthon, der Lehm und die verschiedenen in der Ackerkrume vorhandenen Modificationen des Thons. Im natürlichen Zustande kann man sie z. B. mit concentrirter Schwefelsäure stundenlang kochen, ohne dass sich bemerklich davon auflöst; wird der Thon (wie der Pfeifenthon in manchen Alaunfabriken) aber schwach gebrannt, so löst er sich mit der grössten Leichtigkeit in der Säure, die darin enthaltene Kieselsäure wird als Kieselgallerte im löslichen Zustande abgeschieden.

Der gewöhnliche Töpferthon gehört zu den sterilsten Bodenarten, obwohl er in seiner Zusammensetzung alle Bedingungen des üppigsten Gedeihens der meisten Pflanzen enthält, aber ihr blosses Vorhandensein reicht nicht hin, um einer Pflanze zu nützen. Der Boden muss der Luft, dem Sauerstoffe, der Kohlensäure zugänglich, er muss für diese Hauptbedingungen der freudigen Entwicklung der Wurzeln durchdringlich, seine Bestandtheile müssen in einem Zustande der Verbindung darin enthalten sein, der sie fähig macht, in die Pflanze überzugehen. Alle diese Eigenschaften fehlen dem plastischen Thone, sie werden ihm aber gegeben durch eine schwache Glühhitze ¹⁾.

Die grosse Verschiedenheit in dem Verhalten des gebrannten und ungebrannten Thons zeigt sich in vielen Gegenden an den mit Ziegeln aufgeführten Gebäuden. In den flandrischen Städten, wo fast alle Gebäude aus Backsteinen bestehen, bemerkt man an der Oberfläche der Mauern, schon nach wenigen Monaten, Auswitterungen von Salzen, welche sie wie mit einem weissen Filze überziehen. Werden diese Salze durch Regen abgewaschen, so kommen sie sehr bald wieder zum Vorschein, und dies beobachtet man selbst an den Mauern, welche wie die Thore der Festung Lille Jahrhunderte lang schon stehen. Es sind dies

¹⁾ Der Schreiber dieses sah in Hardwick-Court bei Gloucester den Garten des Herrn Baker, der, aus einem steifen Thon bestehend, aus dem Zustande der höchsten Sterilität in den der grössten Fruchtbarkeit durch blosses Brennen überging. Es war, da die Operation bis zu einer Tiefe von drei Füssen vorgenommen wurde, ein nicht sehr wohlfeiles Verfahren, allein der Zweck wurde erreicht.

kohlensaure und schwefelsaure Salze mit alkalischen Basen, welche bekanntlich in der Vegetation eine sehr wichtige Rolle spielen. Auffallend ist der Einfluss des Kalkes auf diese Salzauswitterungen; sie kommen nämlich zuerst an den Stellen zum Vorschein, wo sich Mörtel und Stein berühren.

Es ist klar, dass in Mischungen von Thon mit Kalk sich alle Bedingungen der Aufschliessung des Thonerdesilicates, des Löslichwerdens der kieselsauren Alkalien vereinigt finden. Der in kohlensaurem Wasser sich lögende Kalk wirkt wie Kalkmilch auf den Thon ein, und hieraus erklärt sich der günstige Einfluss, den das Ueberfahren mit Mergel (womit man alle an Kalk reichen Thone bezeichnet) auf die meisten Bodenarten ausübt. Es giebt Mergelboden, welcher an Fruchtbarkeit für alle Pflanzengattungen alle anderen Bodenarten übertrifft.

Noch weit wirksamer muss sich der Mergel in gebranntem Zustande zeigen, so wie die Materialien, die ihm ähnlich zusammengesetzt sind; hierher gehören bekanntlich alle Kalksteine, welche zur Bereitung des hydraulischen Kalkes sich eignen; durch sie werden dem Boden nicht allein die den Pflanzen nützlichen alkalischen Basen, sondern auch Kieselsäure in dem zur Aufnahme fähigen Zustande zugeführt. Viels hydraulischen Kalke (die sogenannten natürlichen Cementsteine) geben, wenn sie im gebrannten Zustande mit Wasser gemischt einige Stunden stehen gelassen werden, soviel kaustisches Alkali an das Wasser ab, dass es geradezu wie eine schwache Lauge zum Waschen benutzt werden kann.

Die Braun- und Steinkohlenaschen sind als vortreffliche Mittel zur Verbesserung des Bodens an vielen Orten im Gebrauch; man erkennt diejenigen, welche ganz besonders diesen Zweck erfüllen, an ihrer Eigenschaft, mit Säuren zu gelatiniren, oder mit Kalkbrei gemischt nach einiger Zeit, wie der hydraulische Kalk, fest und steinhart zu werden.

Die mechanischen Operationen des Feldbaues, die Brache, die Anwendung des Kalkes und das Brennen des Thons, sie vereinigen sich, wie man sieht, zur Erläuterung eines und desselben wissenschaftlichen Princip, es sind dies Mittel, um die Verwitterung der alkalischen Thonerdesilicate zu beschleunigen, um an allen Orten des Bodens die Pflanzenwurzeln beim Beginne einer neuen Vegetation mit den ihnen unentbehrlichen Nahrungsstoffen in der Aufnahmsform zu versehen.

Die voranstehende Auseinandersetzung bezieht sich, wie ausdrücklich hervorgehoben werden muss, auf Felder, welche die zur Entwicklung der Gewächse günstige physikalische Beschaffenheit besitzen, denn neben den anderen zur Ernährung der Pflanzen nothwendigen Bedingungen hat diese den grössten Einfluss auf die Fruchtbarkeit. Ein schwerer fester Thonboden setzt der Verbreitung und Vervielfältigung der Wurzeln der Pflanzen einen zu grossen Widerstand entgegen; es ist klar, dass dieser den Wurzeln, sowie der Luft und Feuchtigkeit, zugänglicher wird durch die einfache Zumischung von mehr oder weniger

feinem Quarz, dass er hierdurch mehr verbessert wird, als durch zu fleissiges Pflügen. Wenn wir einem lockeren, der Feuchtigkeit und Luft zugänglichen Boden in der geeigneten Form die Bestandtheile wiedergeben, die wir dem Felde in der Ernte genommen haben, so bleibt seine günstige physikalische Beschaffenheit, wie sie ursprünglich war. Auf einem schweren festen Thonboden können wir in ganz gleicher Weise die ursprüngliche chemische Zusammensetzung wieder herstellen, allein dieser nämliche Boden wird verbessert, wenn die entzogenen Bodenbestandtheile nicht in der Form von Asche, sondern in der Form von Mist (von mit Stroh gemengten Thierexcrementen) demselben wiedergegeben werden; durch die Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit wird in diesem Falle seine Fruchtbarkeit erhöht, ja diese Wirkung ist selbst bei ganz gleichem chemischen Gehalte für die verschiedenen Thierexcremente höchst ungleich; die dichten, schweren (Schafmist) unterscheiden sich darin wesentlich von den lockeren und porösen Thierexcrementen (Kuhmist, Pferdemist).

In heissen Sommern, wo nur kurze leichte Regenschauer fallen, ist häufig der Ertrag der Felder von mittelmässigem, aber lockerem Boden grösser, als der des sonst fruchtbarsten, aber schweren Feldes. Während in dem lockeren Felde der Regen sogleich aufgesaugt wird und zu den Wurzeln gelangt, verdunstet das Wasser auf dem schweren Boden früher, als es durchgelassen wird.

Ein Boden, der wie der Flugsand so gut wie keinen Zusammenhang besitzt, ist für die Cultur der meisten Pflanzen ungeeignet. Es giebt zuletzt Bodenarten, welche dem chemischen Gehalte nach zu den fruchtbarsten gehören, die aber dennoch unfruchtbar für viele Gewächse sind, und hierher gehören namentlich solche, die aus Mischungen von Thon mit einer zu grossen Menge feinen Sandes bestehen. Ein solcher Boden verwandelt sich nach starken Regengüssen in einen breiartigen Schlamm, der zu einer festen harten, für die Luft undurchdringlichen Masse, ohne viel zu schwinden, eintrocknet.

Wenn man auf lockeren Sand und Kalkboden, sowie auf das letzt-erwähnte Feld die Principien, worauf die Verbesserung der Felder in der Brache beruht, in ihrer ganzen Ausdehnung anwenden wollte, so würde man den beabsichtigten Zweck nicht erreichen. Ein an sich zu lockerer Boden, der das Wasser zu leicht durchlässt, oder der den Pflanzen eine Befestigung nicht gestattet, sowie ein fester Boden, dessen Gemengtheile zu fein zertheilt sind, der also seiner physikalischen Beschaffenheit wegen minder fruchtbar ist, kann durch diejenigen mechanischen Operationen des Feldbaues, die eine noch weiter getriebene Zertheilung bewirken, nicht verbessert werden.

Für die meisten Böden ist die Brache nicht bloss das Mittel, die chemisch gebundenen Nährstoffe wirksam für die Pflanze zu machen und die wirksamen Nährstoffe gleichmässig im Boden zu verbreiten, sondern die Brache verbessert auch die physikalische Bodenbeschaffen-

heit. Die sogenannte Ackergahre, jener Zustand des Bodens, in welchem seine Theilchen auf das Gleichmässigste gemischt und in welchem er der Vervielfältigung und Ausbreitung der Wurzeln den geringsten Widerstand entgegenstellt, ohne dass jedoch die Befestigung der Pflanze hierdurch gefährdet erscheint, kurz der Zustand der günstigsten Lockerheit, ist ein wesentlicher Erfolg der Brache. Aber man sieht auch aus den angeführten Beispielen, dass die Verbesserung der physikalischen Eigenschaften mancher Böden durch die reine Brache kaum zu erreichen ist und der Landwirth hier zu anderen Mitteln greifen muss.

Von den zur Fruchtbarkeit eines Bodens nothwendigen physikalischen Bedingungen, welche der Chemiker nicht mit in Rechnung bringt, rührt es her, dass die Kenntniss des Gehaltes an mineralischen Nahrungsstoffen einer Ackererde nur einen bedingten Werth hat, dass der Gehalt an mineralischen Nahrungsstoffen keinen Schluss rückwärts auf die Güte des Bodens gestattet. Verbindet man die chemische mit der mechanischen Analyse ¹⁾, so hat man eine Grundlage mehr zu einer richtigen Beurtheilung ²⁾.

¹⁾ Die Bestimmung nämlich der ungleichen Verhältnisse an Gemengtheilen, des groben und feinen Sandes, des Thons und der vegetabilischen Stoffe, etc.

²⁾ Wenn oben die Bedeutung der physikalischen Eigenschaften des Bodens in ihren Beziehungen zur Nahrungsaufnahme durch die Pflanzen hervorgehoben wurde, so muss, gegenüber den unklaren Ansichten vieler Landwirthe über diesen Punkt, hier Folgendes betont werden.

Die Theile, woraus die Ackerkrume besteht, besitzen eine Menge Eigenschaften und darunter auch physikalische, womit man diejenigen bezeichnet, die wir mit unseren Sinnen wahrnehmen, wie Farbe, Dichtigkeit, Porosität, festen oder lockeren Zusammenhang etc. Zu den anderen Eigenschaften der Ackerkrume, welche man mit den Sinnen nicht wahrnimmt, gehören die chemischen Eigenschaften, worunter man die Eigenschaften versteht, welche die chemische Verbindung oder Zersetzung begleiten. Der Mangel oder das Vorhandensein der physikalischen Eigenschaften hindert oder befördert die Aeusserung der chemischen Eigenschaften, oder die Vorgänge der chemischen Verbindung und Zersetzung; aber an und für sich bringen sie keine Wirkungen hervor. Unter Ernährung einer Pflanze versteht man die Zunahme ihrer Masse in ihren Theilen. Zunahme an Masse ist Gewichtsvermehrung, welche nur durch Aufnahme von wägbaren Theilen statthaben kann. Ein Körper trägt zur Ernährung einer Pflanze bei, heisst, er trägt, indem er zu einem Bestandtheil eines Organs oder der Organe wird, durch seine eigene Masse dazu bei, dass das Gewicht der Pflanze zunimmt. Man sieht leicht ein, dass die physikalischen Eigenschaften der Materie an sich an der Ernährung keinen directen Antheil haben; ein Boden kann von der besten physikalischen Beschaffenheit und dennoch ganz unfruchtbar sein; um ernährungsfähig zu sein, muss er Materien von gewissen chemischen Eigenschaften enthalten und seine physikalischen Eigenschaften müssen gestatten, dass die chemischen sich äussern können. Wenn der Boden durch seinen Zusammenhang den Wurzeln eine Verbreitung nicht gestattet, so kann die Wurzel nicht zu der Materie gelangen, die sie zur Ernährung braucht; wenn er dem Wasser keinen Zutritt gestattet, so können die ernährenden Materien nicht in den Pflanzenkörper eintreten. Ein Stück Fleisch besitzt, wie Jedermann weiss, ernärende Eigenschaften,

Die Wechselwirthschaft.

Die genauesten Untersuchungen der thierischen Körper haben dargethan, dass das Blut, die Knochen, die Haare u. s. w., sowie alle Organe, eine gewisse Anzahl von Mineralsubstanzen enthalten, mit deren Ausschlusse in der Nahrung ihre Bildung nicht stattfindet.

Das Blut enthält Alkalien in Verbindung mit Phosphorsäure, die Galle ist reich an Alkalien und Schwefel, die Substanz der Muskeln enthält eine gewisse Menge Schwefel, das Blutroth enthält Eisen, der Hauptbestandtheil der Knochen ist phosphorsaurer Kalk, die Nerven- und Gehirnsubstanz, das Fleisch, enthalten Phosphorsäure und phosphorsaure Alkalien, der Magensaft enthält Salzsäure.

Wir wissen, dass die freie Salzsäure des Magensaftes, dass ein Theil des Natrons in der Galle vom Kochsalze stammt, dass wir der Verdauung, dem Leben eine Grenze durch den blossen Ausschluss von Kochsalz setzen.

Geben wir einer jungen Taube Weizenkörner (Chosset, Bericht an die Akademie in Paris, Juni 1842) zur Nahrung, in denen der Hauptbestandtheil ihrer Knochen, der phosphorsaure Kalk, mangelt, so sehen wir, wenn sie gehindert ist, den ihr nothwendigen Kalk sich anderwärts zu verschaffen, dass ihre Knochen immer dünner und zerbrechlicher werden, dass bei fortgesetzter Entziehung dieser Mineralsubstanz der Tod eintritt. Schliessen wir den kohlen sauren Kalk in der Nahrung der Vögel aus, so legen sie Eier, denen die harte schützende Schale fehlt.

Geben wir einer Kuh einen Ueberfluss von Knollen und Wurzeln, wie Kartoffeln und Runkelrüben, zur Nahrung, welche phosphorsaure Bittererde, aber nur Spuren von Kalk enthalten, so muss für sie der nämliche Fall wie für die junge Taube eintreten. Wenn wir jeden Tag der Kuh in der Milch eine gewisse Menge phosphorsauren Kalk hinwegnehmen, ohne ihr in der Nahrung einen Ersatz dafür zu gewähren, so muss dieser Kalk von ihren Knochen genommen werden, welche nach und nach ihre Stärke und Festigkeit verlieren und das Gewicht ihres Körpers zuletzt nicht mehr zu tragen vermögen.

Fügen wir der Nahrung der Taube Gerstenkörner oder Erbsen, oder der Nahrung der Kuh Gerstenstroh oder Klee hinzu, welche reich sind an Kalksalzen, so erhält sich die Gesundheit des Thieres ¹⁾.

aber es ernährt nicht durch seine physikalischen Eigenschaften, Farbe, Härte der Faser, Zusammenhang, sondern weil seine eigenen Theile fähig sind, zu Theilen des lebendigen Körpers zu werden. Wenn man ein Stück Fleisch auf den Bauch legt, so bringt es keine Wirkung hervor, es muss durchaus in dem Magen flüssig werden und in den Kreislauf übergehen.

¹⁾ Die Arbeiter in den Bergwerken Südamerikas, deren tägliches Geschäft (das schwerste vielleicht in der Welt) darin besteht, eine Last Erz, im Ge-

Die Menschen und Thiere empfangen ihr Blut und die Bestandtheile ihrer Leiber von der Pflanzenwelt, und eine unergründliche Weisheit hat die Einrichtung getroffen, dass das Leben und Gedeihen der Pflanze aufs engste geknüpft ist an die Aufnahme der nämlichen Mineralsubstanzen, welche für die Entwicklung des thierischen Organismus unentbehrlich sind; ohne diese anorganischen Stoffe, die wir als Bestandtheile ihrer Asche kennen, kann die Bildung des Keims, des Blatts, der Blüthe und Frucht nicht gedacht werden.

Der Gehalt der Culturpflanzen an den zur Ernährung der Thiere dienenden Bestandtheilen ist ausserordentlich ungleich.

Die Knollen- und Wurzelgewächse stehen in ihrem chemischen Gehalte einander weit näher, als den Samen; die letzteren haben stets eine ähnliche Zusammensetzung.

Die Kartoffeln z. B. enthalten 75 bis 77 Proc. Wasser und 23 bis 25 Proc. feste Substanz. Wir sind im Stande, durch einen mechanischen Process die letztere zu zerlegen in 18 bis 19 Theile Amylon (Stärke) und in 3 bis 4 Theile trockner stärkemehlartiger Faser. Man sieht leicht, dass diese beiden zusammengenommen beinahe so viel wiegen wie die trocknen Kartoffeln selbst. Die fehlenden zwei Procente bestehen aus Salzen und der schwefel- und stickstoffhaltigen Substanz, die wir als Albumin kennen.

Die Runkelrüben enthalten 85, oft 90 Proc. Wasser, fünfundzwanzig Theile trockner Rüben enthalten 18 bis 19 Theile Zucker und 3 bis 4 Theile Zellgewebe; die fehlenden zwei Procente bestehen zur Hälfte aus Salzen, der Rest ist Albumin.

Die weissen Rüben enthalten 90 bis 92 Theile Wasser, fünfundzwanzig Theile trockner Rüben enthalten 18 bis 19 Theile Pectin mit sehr wenig Zucker, 3 bis 4 Theile Zellgewebe und 2 Theile an Salzen und Albumin. Zucker, Pectin und Amylon enthalten keinen Stickstoff, sie sind in den Pflanzen frei vorhanden, nie mit alkalischen Basen verbunden, es sind dies Verbindungen, welche aus dem Kohlenstoffe der Kohlensäure und den Bestandtheilen des Wassers gebildet worden sind, deren Elemente in der Kartoffelpflanze die Form von Amylon, in der Runkelrübe die Form von Zucker, in der weissen Rübe die Form von Pectin angenommen haben.

In den Samen der Getreidepflanzen haben wir als schwefel- und stickstoffhaltigen Hauptbestandtheil Pflanzenfibrin, in den Erbsen,

wicht von 180 bis 200 Pfd. aus einer Tiefe von 450 Fuss, auf ihren Schultern zu Tage zu fördern, leben nur von Brot und Bohnen, sie würden das Brot allein zur Nahrung vorziehen, allein ihre Herren, welche gefunden haben, dass sie mit Brot nicht so stark arbeiten können, behandeln sie wie Pferde und zwingen sie, die Bohnen zu essen (Darwin, *Journal of researches*, p. 324); die Bohnen sind aber verhältnissmässig an Knochenerde weit reicher als das Brot.

Bohnen, Linsen Casein, in den Samen der Oelpflanzen Albumin und eine dem Casein sehr ähnliche Materie.

Das Pflanzenfibrin der Getreidesamen ist begleitet von Amylon, der nämliche Körper ist ein Bestandtheil der Samenlappen der Leguminosen; in den Oelsamen ist das Amylon vertreten durch einen anderen stickstofffreien öl-, butter- oder wachsartigen Bestandtheil.

Es ist einleuchtend, dass wir je nach den Zwecken der Cultur, je nach den Bestandtheilen, die wir zu erzielen beabsichtigen, den Pflanzen die Bedingungen darbieten müssen, die zu ihrer Erzeugung nothwendig sind. Nun ist es zwar gewiss, dass eine Pflanze, wenn sie gedeihen soll, alle Nahrungsstoffe in gehöriger Menge und in der Aufnahmsform vorfinden muss; allein sie bedarf, wenn es auf die vorzugsweise Bildung von Zucker und Stärkemehl oder auf die der schwefel- und stickstoffhaltigen Bestandtheile (der Eiweisskörper) ankommt, jedes Mal ein anderes Mengenverhältniss der einzelnen Nahrungsstoffe.

Wir haben erwähnt, dass die Alkalien und alkalischen Erden in den Pflanzen mit organischen Säuren verbunden sind, welche einzelne Pflanzengattungen insofern charakterisiren, als sie niemals darin fehlen. Die organischen Säuren selbst müssen in dem Organismus der Pflanze gewisse Lebensfunctionen vermitteln. Wenn man sich nun erinnert, dass die unreifen Früchte, die Weintrauben z. B., des grossen Säuregehaltes wegen, nicht geniessbar sind, dass diese Früchte im Sonnenlichte sich ganz so verhalten wie die Blätter, insofern sie nämlich das Vermögen besitzen, Kohlensäure aufzunehmen und Sauerstoff auszugeben (de Saussure), dass mit der Abnahme der Säure die Zunahme an Zucker erfolgt, so lässt sich kaum der Gedanke zurückweisen, dass der Kohlenstoff der organischen Säure in der unreifen Frucht zu einem Bestandtheile des Zuckers in der gereiften wird, dass also durch ein Austreten von Sauerstoff unter Hinzutreten der Bestandtheile des Wassers die Säure übergeht in Zucker.

Die Weinsäure in den Weintrauben, die Citronensäure in den Kirschen und Johannisbeeren, die Aepfelsäure in den Sommeräpfeln, welche auf den Bäumen reifen, wären hiernach in gewissen Pflanzen die Zwischenglieder des Ueberganges der Kohlensäure in Zucker, beim Mangel an der geeigneten Temperatur und der Einwirkung des Sonnenlichtes würden sie die hierzu nöthigen Veränderungen nicht erleiden.

Wir sehen nun in den Früchten des Vogelbeerbaums auf die Weinsäure die Aepfelsäure, auf die sauerstoffreichere Säure die an Sauerstoff ärmere folgen, wir sehen die Aepfelsäure in den Beeren nach und nach beinahe gänzlich verschwinden und finden an ihrer Stelle Gummi und Schleim, die vorher darin fehlten, und eben so viel Gründe, wie wir für den Uebergang des Kohlenstoffs der Weinsäure zu einem Bestandtheile der auf sie folgenden Aepfelsäure haben, an dem wohl schwerlich Jemand zweifelt, genau so viel haben wir für den Uebergang dieser Säure

ren in Zucker. Die Meinung, dass eine Pflanze Kohlensäure assimiliere, dass diese Kohlensäure in ihrem Organismus die Form von Weinsäure, Traubensäure, Citronensäure lediglich deshalb annehmen soll, um als letzter Zweck wieder in Kohlensäure zurückverwandelt zu werden, diese Meinung kann vernünftigerweise nicht gehegt werden.

Wenn diese Ansicht in Beziehung auf den Antheil, den die organischen Säuren in gewissen Culturpflanzen an der Bildung des Zuckers nehmen, sich bestätigt, so muss sie für die Bildung aller anderen ihm ähnlich zusammengesetzten stickstofffreien Materien gleiche Geltung haben, die Bildung des Amylons, des Pectins und Gummis erfolgt also hiernach nicht unmittelbar, nicht sprungweise aus dem Kohlenstoffe der Kohlensäure und den Bestandtheilen des Wassers, sondern es findet ein allmäliger Uebergang statt in Folge der Erzeugung von Verbindungen, die immer ärmer an Sauerstoff und immer reicher an Wasserstoff werden. Die Bildung des Terpentinöls kann ohne die Entstehung von analogen Zwischengliedern nicht gedacht werden.

Wenn aber die sauerstoffreichen organischen Verbindungen, die Säuren, die Entstehung der sauerstoffärmeren, des Zuckers, des Amylons u. s. w. vermitteln, so ist klar, dass in den Culturpflanzen, in denen die Säuren nur selten frei, sondern meistens in der Form von Salzen vorhanden sind, die Alkalien und alkalischen Basen als die Bedingungen angesehen werden müssen zur Entstehung ihrer stickstofffreien Bestandtheile. Ohne die Gegenwart dieser Basen kann sich vielleicht eine organische Säure, allein ohne die Base oder einen ihr ähnlich wirkenden Körper kann sich im Organismus dieser Pflanzen kein Zucker, kein Amylon, kein Gummi und Pectin bilden. In den Früchten und Samen, in welchen die organischen Säuren frei, d. h. nicht als Salze enthalten sind, wie die Citronensäure in den Citronen, die Oxalsäure in den Kichererbsen, bildet sich kein Zucker. Nur in den Pflanzen entsteht Zucker, Gummi, Amylon, in denen die Säuren sich vereinigt finden mit Basen, in welchen sich lösliche Salze dieser Basen befinden.

Gleichgültig, welchen Werth man dieser Ansicht über den Antheil, den die alkalischen Basen an dem Lebensprocesse der Vegetabilien nehmen, beilegen will, die bestimmte Thatsache, dass in den sich entwickelnden jungen Trieben, Blättern und Knospen, in den Theilen der Pflanzen also, in welchen das Assimilationsvermögen in grösster Intensität wahrgenommen wird, dass in diesen der Gehalt an alkalischen Basen am stärksten ist, dass die an Zucker und an Amylon reichsten Gewächse nicht minder ausgezeichnet sind durch ihren Gehalt an alkalischen Basen und organischen Säuren, diese Erfahrung kann dieser Vorstellung wegen für die Landwirthschaft ihre Bedeutung nicht verlieren.

Wenn wir Zucker und Amylon begleitet finden von Salzen, die durch organische Säuren gebildet sind, wenn die Erfahrung vorliegt, dass mit dem Mangel an den alkalischen Basen die ganze Entwicklung der

Pflanze, die Bildung des Zuckers, Amylons, der Holzfaser eingeschränkt, dass mit ihrer Zufuhr ihr üppiges Gedeihen befördert wird, so ist klar, dass wir in der Cultur, wenn ein Maximum an Ertrag erzielt werden soll, bei allem Ueberflusse an Kohlensäure und Humus den vorgesetzten Zweck nicht erreichen, wenn wir die Alkalien als eine der Bedingungen des Uebergangs der Kohlensäure in Zucker und Amylon, gleichgültig in welcher Weise sie hierbei mitwirken, nicht in reichlicher Menge und in dem zur Aufnahme geeigneten Zustande den Pflanzen darbieten.

Ein jeder Theil und Bestandtheil des Körpers stammt von den Pflanzen ab. Durch den Organismus der Pflanzen werden die Verbindungen gebildet, welche zur Blutbildung dienen, es kann keinem Zweifel unterliegen, dass in den zur Ernährung dienenden Theilen der Pflanzen nicht bloss ein oder zwei, sondern alle Bestandtheile des Blutes zugegen sein müssen.

Wir können uns nicht denken, dass in dem Körper eines Thieres Blut, in dem Körper einer Kuh Milch gebildet werden kann, wenn in ihrer Nahrung ein einziger von den Bestandtheilen fehlt, welche als gleich nothwendige Bedingungen zur Unterhaltung aller Lebensfunctionen angesehen werden müssen.

Die schwefel- und stickstoffhaltigen Stoffe sowohl, wie die Alkalien und phosphorsauren Salze sind Blutbestandtheile, der Uebergang der ersteren in Blut kann nicht gedacht werden ohne die Gegenwart oder Mitwirkung der anderen.

Die Fähigkeit eines Pflanzentheils, das Leben eines Thieres zu erhalten, seine Blut- und Fleischmasse zu vermehren, steht hiernach in geradem Verhältnisse zu seinem Gehalte an den organischen Blutbestandtheilen und der zu ihrem Uebergange in Blut nothwendigen Menge an Alkalien, phosphorsauren Salzen und Chlormetallen (Kochsalz und Chlorkalium).

Es ist gewiss in hohem Grade merkwürdig und für die Agricultur bedeutungsvoll, dass die schwefel- und stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe, die wir als organische Blutbestandtheile bezeichnet haben, in allen Pflanzentheilen, wo sie vorkommen, stets begleitet sind von phosphorsauren Salzen, dass mit der Abnahme oder Zunahme der letzteren der Gehalt an Eiweissstoffen in den Pflanzenorganen sinkt oder steigt.

Wir müssen voraussetzen, dass auch mit der reichlichsten Zufuhr von Kohlensäure, Ammoniak und schwefelsauren Salzen, welche den Schwefel liefern, die organischen Blutbestandtheile sich in der zu ihrem Uebergange in Blut geeigneten Form nicht bilden werden, wenn es an Alkalien und phosphorsauren Salzen fehlt, die wir als constante Begleiter derselben finden.

Aber auch angenommen, die organischen Blutbestandtheile seien in dem Organismus der Pflanze ohne Mitwirkung dieser Materien erzeugbar, so würden sie im Körper des Thieres weder in Blut, noch in Fleisch

überzugehen vermögen, wenn die mineralischen Blutbestandtheile in dem Pflanzentheile fehlen, der zur Nahrung gegeben wird.

Von allen theoretischen Betrachtungen abgesehen, muss der rationelle Landwirth also in Beziehung auf den Zweck, den er zu erreichen strebt, genau so verfahren, wie wenn von der Gegenwart der unorganischen Blutbestandtheile (der phosphorsauren Salze und der Alkalien) die Production der organischen abhängig wäre; er muss seinen Pflanzen alle zur Bildung der Blätter, Stengel und Samen nothwendigen Bestandtheile geben, und wenn er auf seinen Feldern ein Maximum von Blut und Fleisch erzielen will, so muss er diejenigen Bestandtheile derselben in reichlicherer Menge zuführen, welche die Atmosphäre nicht liefern kann ¹⁾.

Amylon, Zucker, Gummi enthalten Kohlenstoff und die Elemente des Wassers, sie finden sich nie mit Alkalien vereinigt, nur das Amylon (Stärkemehl) enthält Spuren von phosphorsauren Salzen. Wir können uns denken, dass in zwei Spielarten derselben Pflanze, bei Zufuhr einer gleichen Menge mineralischer Nahrungsstoffe, sich sehr ungleiche Mengen von Amylon oder Zucker bilden, dass wir von zwei gleichen Flächen auf völlig gleiche Weise vorbereitetes Land, von zwei Spielarten

¹⁾ Die untenfolgenden Analysen geben Belege ab für die nahe Uebereinstimmung der Salze des Blutes und der Mineralbestandtheile der Nahrung, welche die Thiere geniessen. Die weissen Rüben, als ein vortreffliches Futter für die Schafe bekannt, und das Schafblut enthalten die nämlichen Mineralbestandtheile sehr nahe in demselben Verhältniss. Das Schweineblut enthält die Mineralbestandtheile der Erbsen, das Hühnerblut die der Getreidesamen. Die Salze von Fleisch überhaupt (von Gras- und Fleischfressern) sind identisch und entsprechen den Salzen der Getreidesamen.

| Bestandtheile. | A s c h e v o n | | | | |
|----------------|-----------------|--------------|------------|---------------|------------------|
| | Schafblut | Ochsenblut | Weisskraut | Weissen Rüben | Kartoffeln |
| | Dr. Verdeil. | Dr. Stölzel. | Stammer. | Stammer. | Dr. Griepengerl. |
| Phosphorsäure | 14,80 | 14,043 | 13,7 | 14,18 | 16,83 |
| Alkalien . . . | 55,79 | 59,97 | 49,45 | 52,00 | 55,44 |
| Alkal. Erden . | 4,87 | 3,64 | 14,08 | 13,58 | 6,74 |
| Kohlensäure . | 19,47 | 18,85 | 12,42 | 8,03 | 12,00 |

Die Aschen sind in Procenten nach Abzug des Kochsalzes und Eisens berechnet, das an 100 Fehlende sind zufällige Bestandtheile, wie Schwefelsäure, Kieselsäure etc.

Gerste, von der einen die Hälfte mehr Samen, als von der anderen ernennt, allein dieser Mehrertrag kann nur auf ihre stickstofffreien und nicht auf ihre schwefel- und stickstoffhaltigen Bestandtheile bezogen werden; für eine gleiche, dem Boden zugeführte und in die Pflanze übergegangene Menge der anorganischen Blutbestandtheile kann in den Samen nur eine ihnen entsprechende Menge der organischen gebildet werden, in der einen kann im Ganzen nicht mehr davon als in der anderen vorhanden sein.

Nur wenn die eine Pflanze in der gegebenen Zeit weniger Stickstoff zugeführt erhält, wird sich eine Verschiedenheit herausstellen; beim Mangel an Ammoniak wird eine entsprechende Menge der anorganischen Blutbestandtheile keine Verwendung finden.

Von zwei verschiedenen Pflanzengattungen, die wir auf einem Felde von gleicher Beschaffenheit cultiviren, wird diejenige dem Boden die grösste Menge anorganischer Blutbestandtheile (phosphorsaure Salze) entziehen, in deren Organismus die grösste Menge an organischen Blutbestandtheilen (schwefel- und stickstoffhaltige Verbindungen) erzeugt wird.

| Bestandtheile. | Asche von: | | |
|----------------------------|---|-------------------------------|--|
| | Hundeblut ¹⁾ Dr. Verdeil. | Ochsenfleisch Dr. Stölzel. | Schweineblut ²⁾ Dr. Srecker. |
| Phosphorsäure | 36,82 | 42,03 | 36,5 |
| Alkalien | 55,24 | 43,95 | 49,8 |
| Alkalische Erden | 2,07 | 6,17 | 3,8 |
| Kieselsäure | 5,87 | 7,86 | 9,9 |
| Schwefelsäure | | | |

¹⁾ Nahrung mit Fleisch. — ²⁾ Mit Erbsen und Kartoffeln.

| Bestandtheile. | Asche von: | | |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | Erbsen Will. Fresenius. | Hühnerblut Dr. Henneberg. | Roggen Will. Fresenius. |
| Phosphorsäure | 34,01 | 47,26 | 47,29 |
| Alkalien | 45,52 | 48,41 | 37,21 |
| Alkalische Erden | 9,61 | 2,22 | 11,60 |
| Kieselsäure | 10,86 | 2,11 | 3,90 |
| Schwefelsäure | | | |

Die eine Pflanze wird den Boden daran erschöpfen, während er unter gleichen Bedingungen bei dem Anbau der anderen, die ihm eine kleinere Menge phosphorsaurer Salze entzog, für eine dritte Pflanzengattung noch fruchtbar bleibt.

Es ist ferner klar, dass zwei Pflanzen, die in gleichen Zeiten einerlei Mengen der nämlichen Bestandtheile bedürfen, und aus derselben Bodenschicht schöpfen, wenn sie neben einander auf dem nämlichen Boden wachsen, sich in die Bestandtheile des Bodens theilen werden. Was die eine davon in ihren Organismus aufnimmt, kann von der anderen nicht verwendet werden.

Enthält der Boden auf einem begrenzten Raume (Oberfläche und Tiefe) nicht mehr an diesen anorganischen Nahrungsstoffen, als zehn Pflanzen zu ihrer vollkommenen Entwicklung bedürfen, so werden zwanzig derselben Pflanzen, auf der nämlichen Oberfläche gebaut, nur ihre halbe Ausbildung erreichen; in der Anzahl ihrer Blätter, Stärke der Halme und Anzahl der Körner muss sich ein Unterschied ergeben.

Zwei Pflanzen derselben Art müssen sich gegenseitig schaden, wenn sie, in einer gewissen Nähe wachsend, weniger von den ihnen nothwendigen Nahrungsstoffen im Boden oder in der Atmosphäre, die sie umgiebt, vorfinden, als sie zu ihrer vollendeten Ausbildung bedürfen. Keine Pflanze wirkt in dieser Weise nachtheiliger auf eine Weizenpflanze als eine zweite Weizenpflanze, keine mehr auf eine Kartoffelpflanze als eine Kartoffelpflanze.

Derselbe Fall muss sich aber in ganz gleicher Weise wiederholen, wenn wir die nämliche Pflanze, anstatt neben einander, mehrere Jahre hinter einander auf demselben Boden cultiviren. Nehmen wir an, der Boden enthalte eine für 100 Mittelernten Weizen genügende Menge von kieselsauren und phosphorsauren Salzen, so wird er nach 100 Jahren im landwirthschaftlichen Sinne unfruchtbar für diese Pflanzengattung sein. Denken wir uns den Untergrund dieses Feldes von derselben Beschaffenheit wie die Ackerkrume, und diese bis zu der Tiefe hinweggenommen, in welcher die Pflanzen der früheren Ernten wurzelten, machen wir den Untergrund zur Ackerkrume, so haben wir eine neue Oberfläche, die, weit weniger erschöpft, uns wieder eine Reihe von Ernten verbürgt; allein auch dieser Zustand der Fruchtbarkeit hat eine Grenze.

Je weniger reich der Boden an diesen, den Pflanzen so unentbehrlichen mineralischen Nahrungsstoffen ist, desto früher wird durch die Cultur und Hinwegnahme der Ernten der Zeitpunkt der Erschöpfung eintreten; es ist aber klar, dass wir ihn in den ursprünglichen Zustand der Fruchtbarkeit zurückversetzen, wenn wir die frühere Zusammensetzung wieder herstellen, wenn wir ihm also die Bestandtheile wiedergeben, die wir in den Pflanzen geerntet und hinweggenommen haben.

Zwei Pflanzen werden neben oder hinter einander cultivirt werden können, wenn sie ungleiche Mengen der Nahrungsstoffe in ungleichen

Zeiten bedürfen, sie werden sich nicht einander schaden und aufs üppigste neben einander gedeihen, wenn sie die zu ihrer Entwicklung nöthigen Bodenbestandtheile verschiedenen Tiefenschichten des Feldes entziehen.

Die verschiedenen Pflanzengattungen bedürfen zu ihrem Wachstume und ihrer vollkommeneren Ausbildung verschiedener Mengen der mineralischen Nahrungstoffe. Man kann auf diese Ungleichheit des Nahrungsbedürfnisses eine Eintheilungsweise der Pflanzen gründen. In der That lassen sich dieselben nach dem ungleichen Gehalte der Asche an den einzelnen Aschenbestandtheilen eintheilen in Kalipflanzen, deren Asche reich an Alkalien ist, in Kalkpflanzen, in denen Kalk und Magnesia, und in Kieselpflanzen, in welchen die Kieselsäure vorwaltet. Es sind dies gerade die Bestandtheile, deren sie zu ihrer Entwicklung in reichlichster Menge bedürfen, und durch die sie sich wesentlich von einander unterscheiden.

Zu den Kalipflanzen gehören die Chenopodien, die Melden, der Wermuth etc., unter den Culturpflanzen die Runkelrübe, die weisse Rübe, der Mais. Zu den Kalkpflanzen die Flechten (welche oxalsauren Kalk enthalten), der Cactus (der krystallisirten weinsauren Kalk enthält), der Klee, die Bohnen, die Erbsen und der Tabak.

Zu den Kieselpflanzen der Weizen, der Hafer, der Roggen, die Gerste.

Diese Eintheilung bietet, wie sich von selbst versteht, keine scharfen Grenzen dar, es liessen sich eine grosse Anzahl Unterabtheilungen machen.

So gehört die Kartoffelpflanze in Hinsicht auf die Bestandtheile ihrer Blätter zu den Kalkpflanzen, in Beziehung auf die der Knollen (welche nur wenig Kalk enthalten) zu den Kalipflanzen.

Bei den Kieselpflanzen sind diese Unterschiede ganz besonders wahrnehmbar.

Vergleicht man die Gerste mit dem Hafer und dem Weizen, in Beziehung auf die in Salzsäure löslichen Bestandtheile, so gehört die Gerste zu den Kalkpflanzen, während sie nach ihrem Kieselsäuregehalte den Kieselpflanzen zugerechnet werden muss. So enthält die Runkelrübe phosphorsaure Bittererde und verhältnissmässig wenig Kalk, die weisse Rübe phosphorsauren Kalk und wenig Bittererde.

Aus der Menge der Asche und ihrer bekannten Zusammensetzung lässt sich mit Leichtigkeit berechnen, an welchen Bestandtheilen und in welchem Grade die einzelnen Pflanzengattungen, die Kieselpflanzen, Kalk- und Kalipflanzen den Boden erschöpfen.

Das folgende Beispiel wird dies anschaulich machen.

In einer Ernte werden dem Boden (1 Hectare) entzogen durch:

| | | Phosphor- säure | Kali | Natron | Kalk | Magnesia | Kiesel- säure | | | | | |
|------------|-----------------|--------------------|------|--------|------|----------|------------------|------|---|-------|---|------|
| | | Kg | Kg | Kg | Kg | Kg | Kg | | | | | |
| Weizen | { Körner . . . | 18,9 | — | 10,5 | — | 0,9 | — | 4,4 | — | 0,6 | | |
| | { Stroh . . . | 20,2 | — | 27,3 | — | 17,4 | — | 18,8 | — | 163,6 | | |
| Erbsen | { Körner . . . | 16,8 | — | 15,5 | — | 2,3 | — | 2,9 | — | 0,5 | | |
| | { Stroh . . . | 11,9 | — | 38,4 | — | 8,1 | — | 89,2 | — | 11,7 | | |
| Kartoffeln | { Kraut . . . | 15,8 | — | 76,9 | — | 4,4 | — | 30,0 | — | 0,5 | | |
| | { Knollen . . | 40,4 | — | 131,9 | — | 2,3 | — | 2,3 | — | 10,2 | — | 3,7 |
| Runkeln | { Blätter . . . | 12,6 | — | 82,0 | — | 47,4 | — | 15,5 | — | 19,6 | — | 12,7 |
| | { Rüben . . . | 26,8 | — | 163,0 | — | 123,0 | — | 10,6 | — | 11,9 | — | 11,4 |

Nach dem Vorhergegangenen empfangen die Pflanzen von dem Boden, auf dem sie zur vollkommenen Entwicklung, zur Blüthe und Fruchtbildung gelangten, gewisse Bestandtheile; in reinem Wasser, in reiner Kieselsäure, oder in einem Boden, in welchem diese Bestandtheile fehlen, sehen wir die Entwicklung der Pflanzen in eine sehr enge Grenze eingeschlossen; fehlt die Zufuhr von Alkalien, von Kalk und Bittererde, so wird nur eine der in dem Samen als Vorrath dieser Substanzen entsprechende Menge Halme, Blätter, Blüthen gebildet werden. Fehlt es an phosphorsauren Salzen, so bildet sich der Samen nicht aus.

Je rascher sich die Pflanze entwickelt, je schneller ihre Blätter an Anzahl und Grösse zunehmen, desto grösser muss in einer gegebenen Zeit die Zufuhr an den bedürftenden Pflanzennahrungstoffen sein.

Es ist klar, wenn alle Pflanzen ohne Unterschied dem Boden gewisse Bestandtheile entziehen, so kann keine ihn verbessern oder reicher und fruchtbarer für eine andere Pflanzengattung machen. Wenn wir in Gegenden, auf denen seit undenklichen Zeiten die Vegetation nicht gewechselt hat, den Wald in Culturland verwandeln, wenn wir die Asche der gefällten Bäume und Sträucher auf dem Felde vertheilen, so haben wir dem im Boden vorhandenen einen neuen Vorrath von alkalischen Basen, von phosphorsauren Salzen hinzugefügt, welcher für hundert und mehr Ernten gewisser Gewächse hinreicht.

Enthält dieser Boden leichtverwitterbare Silicate, so haben wir darin assimilirbares kieselsaures Kali oder Natron, welche der Halm der Kieselpflanzen zu seiner Ausbildung nöthig hat; mit den vorhandenen phosphorsauren Salzen haben wir auf einem solchen Boden alle Bedingungen, um eine Reihe von Jahren hindurch ununterbrochen Getreide darauf zu erzielen.

Fehlt es diesem Boden an diesen Silicaten, oder enthält er nur begrenzte Mengen davon, enthält er hingegen eine reichliche Menge Kalk und phosphorsaure Salze, so werden wir eine Anzahl von Jahren hindurch Klee, Tabak, Erbsen, Bohnen etc. und Wein davon ernten können.

Empfängt der Boden von allen diesen Stoffen, die er an die Pflanzen abgegeben hat, nichts zurück, so muss ein Zeitpunkt eintreten, wo

er lohnende Ernten nicht mehr hervorbringt, wo er völlig erschöpft und für den Anbau von Culturpflanzen ungeeignet ist.

Je nach dem ungleichen Gehalte an diesen verschiedenen Substanzen wird dieser Zustand der Erschöpfung für die eine Pflanzengattung früher eintreten als für die andere. Ist der Boden reich an Silicaten, aber arm an phosphorsauren Salzen, so wird er durch den Anbau von Weizen früher erschöpft werden, als durch Roggen, eben weil wir in einer Weizenernte mehr phosphorsaure Salze im Samen und im Stroh hinwegnehmen als in einer Roggenernte¹⁾. Fehlt es diesem Boden an Kalk, so wird die Gerste nur unvollkommen darauf gedeihen.

Es ist der Mangel an diesen zur Samenbildung unentbehrlichen Salzen, welcher verursacht, dass wir, bei allem Ueberflusse an aufnehmbarer Kieselsäure und Kali, in dem einen Jahre das neunfache, in den darauf folgenden vielleicht nur das dreifache oder doppelte Korn von Weizen auf demselben Boden ernten können.

Cultiviren wir auf einem Felde Erbsen oder Bohnen, so werden diese nach der Ernte Kieselsäure im aufnehmbaren Zustande genug für eine darauf folgende Weizenernte zurücklassen, allein diese Pflanzen werden ihn an phosphorsauren Salzen so stark erschöpfen, wie der Weizen selbst, weil die Samen beider zu ihrer Ausbildung einer nahezu gleichen Menge davon bedürfen.

Durch den Wechsel der Halmgewächse mit Kartoffeln oder Klee, mit Pflanzen also, welche ein anderes Nährstoffverhältniss bedürfen und dasselbe ausserdem Bodenschichten entziehen können, die von den Wurzeln der Halmfrüchte nicht mehr erreicht werden, sind wir in den Stand gesetzt, eine grössere Summe von organischen Pflanzenbestandtheilen auf einem und demselben Felde zu ernten, aber eine jede Ernte derselben hat ihn um eine gewisse Menge seiner Nährstoffe ärmer gemacht; wir haben durch den Wechsel mit anderen Gewächsen, durch Einschlebung von tiefwurzelnden Pflanzen in die Fruchtfolge den Zeitpunkt der Erschöpfung nur verrückt, aber wir haben ihr nicht vorgebeugt. Ist der Boden arm an Kalksalzen, so werden unter sonst gleichen Bedingungen der Tabak, der Klee und die Erbsen nicht gedeihen, ohne dass das Wachsthum der Runkelrübe oder weissen Rübe, vorausgesetzt, dass es an Alkalien nicht fehlt, dadurch beeinträchtigt wird.

Wenn auf einem Boden, welcher schwer oder langsam verwitternde Silicate enthält, in seinem natürlichen Zustande durch den Einfluss der Atmosphäre erst in drei oder vier Jahren so viel Kieselsäure zur Aufschliessung gelangt, als für eine Weizenernte hinreicht, so wird man, vorausgesetzt, dass es an den zur Samenbildung nöthigen phosphorsauren Salzen nicht fehlt, erst von drei zu drei Jahren Weizen auf diesem Felde bauen können. Wir können diesen Zwischenraum abkürzen, die

¹⁾ Das Gewicht der Asche einer Ernte Weizensamen verhält sich zu dem einer Ernte Roggen wie 20 : 16, die darin enthaltenen phosphorsauren Salze wie 18 : 13; die phosphorsauren Salze im Stroh ungerechnet.

Verwitterung beschleunigen und einen grösseren Vorrath von löslichen kieselsauren Salzen schaffen, wenn wir durch die mechanische Bearbeitung die Oberfläche des Bodens vergrössern und ihn der Luft und Feuchtigkeit zugänglicher machen, oder wenn wir durch Anwendung von gebranntem Kalk die Zersetzung des Silicates befördern, es ist aber gewiss, dass durch alle diese Mittel, wenn sie auch eine Zeitlang uns reichere Ernten sichern, der Boden um so früher seine natürliche Fruchtbarkeit verlieren muss.

Ist das Verhältniss von dem in drei oder vier Jahren aufgeschlossenen Alkali und Kieselsäure nur für eine einzige Ernte Weizen hinreichend, ist also nicht mehr Alkali in Freiheit gesetzt und verwendbar geworden, so können wir in der Zwischenzeit ohne Nachtheil für die Weizenernte auf dem nämlichen Boden keine anderen Pflanzen cultiviren, denn dasjenige Alkali, was diese letztere nöthig hat zu ihrer eigenen Entwicklung, kann zum Nutzen der Weizenpflanze nicht verwendet werden.

Aus dem bekannten Verhältnisse von Alkali und Kieselsäure, welche in der Verwitterung der Silicate bei ihrem Uebergange in Thon und bei der Aufschliessung des Thons¹⁾ in Freiheit gesetzt worden, ergiebt sich, dass für eine gegebene Menge der aufnehmbar gewordenen Kieselsäure der Boden eine weit grössere Menge Alkali im löslichen Zustande empfangt, als dem Verhältnisse entspricht, in welchem beide in dem Stroh der Getreidepflanzen enthalten sind.

In der Zeit der Brache, die wir in letzterem Falle zwischen je zwei Weizenernten legen müssen, können wir deshalb den Ueberschuss der Alkalien zur Cultur einer anderen Pflanze verwenden, welche wie z. B. die Runkelrübe oder die Kartoffel eine grosse Menge Alkalien und verhältnissmässig wenig Kieselsäure bedarf und vermöge ihrer Bewurzelung auch die Nährstoffe der mittleren und tieferen Schichten des Bodens in Anspruch nimmt.

In dem Vorhergehenden haben wir die Aenderungen in der Beschaffenheit und Zusammensetzung in Betrachtung gezogen, welche ein Feld erleidet, auf dem wir eine Anzahl von Jahren hindurch eine Reihenfolge von Culturgewächsen geerntet haben.

Wenn dieses Feld ein gehöriges Verhältniss von alkalischen Silicaten, Thon, Kalk und Bittererde enthält, so wird man darin einen verhältnissmässig grossen Vorrath von Alkalien, alkalischen Erden und Kieselerde haben, mit dem Unterschiede jedoch, dass derselbe nicht überall zu gleichen Zeiten verwendbar für die Pflanze ist. Wir können durch mechanische Bearbeitung, sowie durch chemische Mittel (Kalk u. s. w.) die Zeit verkürzen, in welcher dieser Vorrath eine zu den Lebens-

¹⁾ Mit jedem Aequivalente Kali, was sich von den Bestandtheilen eines Aequivalents Feldspath trennt, wird 1 Aeq. Kieselsäure in Freiheit gesetzt. In dem Weizenstroh, Haferstroh und Roggenstroh sind auf 10 Aeq. Kieselsäure höchstens 2 an Alkalien enthalten.

functionen der Pflanze geeignete Form erhält, allein diese Stoffe reichen nicht hin, um der Pflanze eine vollendete Entwicklung zu gestatten.

Wenn in demselben phosphorsaure und schwefelsaure Salze fehlen, so wird die Pflanze nicht zum Samentragen kommen, eben weil alle Samen ohne Unterschied Verbindungen enthalten, in denen Phosphorsäure sowie Schwefel nie fehlende Bestandtheile ausmachen.

Mit allem Ueberflusse an diesen anderen Bestandtheilen wird der Boden im landwirthschaftlichen Sinne unfruchtbar werden, wenn der Zeitpunkt eintritt, wo er an eine neue Vegetation keine hinreichende Menge von phosphor- und schwefelsauren Salzen mehr abgeben kann. Trotz aller Zufuhr von Ammoniak und Kohlensäure kann sich nur eine den phosphorsauren Salzen entsprechende Menge der sogenannten Blutbestandtheile in dem Organismus der Pflanze bilden. Die Erzeugung der stickstoff- und schwefelhaltigen Bestandtheile des Saftes steht ja mit ihrer Gegenwart in der engsten Beziehung.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich die grosse Wichtigkeit, die man in der Kunst des Ackerbaues den phosphorsauren Salzen beizulegen hat. Diese Salze finden sich stets nur in geringer Menge in der Ackererde, und um so grössere Aufmerksamkeit muss darauf verwendet werden, um jeder Erschöpfung daran vorzubeugen.

Jedermann weiss, dass in dem begrenzten, wiewohl ungeheuren Raume des Meeres ganze Welten von Pflanzen und Thieren aufeinander folgen; dass eine Generation dieser Thiere alle ihre Elemente von den Pflanzen erhält, dass die Bestandtheile ihrer Organe nach dem Tode des Thieres die ursprüngliche Form wieder annehmen, in welcher sie einer neuen Generation von Thieren zur Nahrung dienen.

Der Sauerstoff, den die Seethiere in ihrem Athmungsprocesse der daran so reichen, im Wasser gelösten Luft (sie enthält 32 bis 33 Volumprocent, die atmosphärische nur 21 Procent Sauerstoff) entziehen, er wird in dem Lebensprocesse der Seepflanzen dem Wasser wieder ersetzt; er tritt an die Producte der Fäulniss der gestorbenen Thierleiber, verwandelt ihren Kohlenstoff in Kohlensäure, ihren Wasserstoff in Wasser, während ihr Stickstoff die Form von Ammoniak wieder annimmt.

Wir beobachten, dass im Meere, ohne Hinzutritt oder Hinwegnahme eines Elementes, ein ewiger Kreislauf stattfindet, der nicht in seiner Dauer, wohl aber in seinem Umfange begrenzt ist durch die in dem begrenzten Raume in endlicher Menge enthaltene Nahrung der Pflanze.

Wir wissen, dass bei den Seegewächsen von einer Zufuhr von Nahrung, von Humus durch die Wurzel nicht die Rede sein kann. Welche Nahrung kann in der That die faustdicke Wurzel des Riesentang aus einem nackten Felsstücke ziehen, an dessen Oberfläche man nicht die kleinste Veränderung wahrnimmt, eine Pflanze, welche eine Höhe von 360 Fuss erreicht (Cook), von welcher ein Exemplar mit seinen Blättern und Zweigen Tausende von Seethieren ernährt! Diese Pflanzen bedürfen offenbar nur einer Befestigung eines Haltpunktes, was den Wechsel

des Ortes hindert, oder eines Gegenstandes, wodurch ihr geringeres specifisches Gewicht ausgeglichen wird, sie leben in einem Medium, was allen ihren Theilen die ihnen nöthige Nahrung zuführt; das Meerwasser enthält ja nicht allein Kohlensäure und Ammoniak, sondern auch die phosphorsauren und kohlensauren Alkalien und Erdsalze, welcher die Seepflanze zu ihrer Entwicklung bedarf, die wir als nie fehlende Bestandtheile in ihrer Asche finden.

Alle Erfahrungen geben zu erkennen, dass die Bedingungen, welche das Dasein und die Fortdauer der Seepflanzen sichern, die nämlichen sind, welche das Leben der Landpflanzen vermitteln.

Die Landpflanze lebt aber nicht, wie die Seepflanze, in einem Medium, was alle ihre Elemente enthält und jeden Theil ihrer Organe umgiebt, sondern sie ist auf zwei Medien angewiesen, von denen das eine, der Boden, die Bestandtheile enthält, die in dem anderen, der Atmosphäre, fehlen.

Wie ist es möglich, kann man fragen, dass man jemals über den Antheil, den der Boden, den seine Bestandtheile an dem Gedeihen der Pflanzenwelt nahmen, im Zweifel sein konnte? dass es eine Zeit gab, wo man die mineralischen Bestandtheile der Pflanze nicht als nothwendig und wesentlich betrachtete!

Auch an der Oberfläche der Erde hat man ja den nämlichen Kreislauf beobachtet, einen unaufhörlichen Wechsel, eine ewige Störung und Wiederherstellung des Gleichgewichts. Die Erfahrungen in der Agricultur geben zu erkennen, dass die Zunahme von Pflanzenstoff auf einer gegebenen Oberfläche wächst mit der Zufuhr von gewissen Stoffen, welche ursprünglich Bestandtheile der nämlichen Bodenoberfläche waren, die von der Pflanze daraus aufgenommen wurden; die Excremente der Menschen und Thiere stammen ja von den Pflanzen, es sind ja gerade die Materien, welche in dem Lebensprocesse des Thieres oder nach seinem Tode die Form wieder erhalten, die sie als Bodenbestandtheile besaßen.

Wir wissen, dass die Atmosphäre keinen dieser Stoffe enthält, dass sie dieselben nicht ersetzt, wir wissen, dass ihre Hinwegnahme von dem Acker eine Ungleichheit der Production, einen Mangel an Fruchtbarkeit nach sich zieht, dass wir durch Hinzuführung dieser Stoffe die Fruchtbarkeit erhalten, dass wir sie vermehren können.

Kann nun nach so vielen, so schlagenden Beweisen über den Ursprung der Bestandtheile der Thiere und der Bestandtheile der Pflanzen, den Nutzen der Alkalien, der phosphorsauren Salze, des Kalks der kleinste Zweifel über die Principien herrschen, auf welchen die rationelle Agricultur beruht?

Beruht denn die Kunst des Ackerbaues auf etwas anderem als auf der Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichts?

Ist es denkbar, dass ein reiches fruchtbares Land mit einem blühenden Handel, welches Jahrhunderte lang die Producte seines Bodens in der Form von Vieh und Getreide ausführt, seine Fruchtbarkeit behält,

wenn der nämliche Handel ihm nicht die entzogenen Bestandtheile seiner Aecker, welche die Atmosphäre nicht ersetzen kann, in der Form von Dünger wieder zuführt! Muss nicht für dieses Land der nämliche Fall eintreten, wie für die einst so reichen fruchtbaren Gegenden Virginians, in denen kein Weizen und kein Tabak mehr gebaut werden kann!

Die unvollkommene Kenntniss von der Natur und den Eigenschaften der Materie gab in der alchemistischen Periode zu der Meinung Veranlassung, dass die Metalle, das Gold, sich aus einem Samen entwickelten. Man sah in den Krystallen und ihren Verästelungen die Blätter und Zweige der Metallpflanze, und alle Bestrebungen gingen dahin, um den Samen und die zu seiner Entwicklung geeignete Erde zu finden. Ohne einem gewöhnlichen Pflanzensamen scheinbar etwas zu geben, sah man ihn ja zu einem Halme, zu einem Stamme sich entwickeln, welcher Blüthen und wieder Samen trug. Hatte man den Metallsamen, so durfte man ähnliche Hoffnungen hegen.

Diese Vorstellungen konnte nur eine Zeit gebären, wo man von der Atmosphäre so gut wie nichts wusste, wo man von dem Antheile, den die Erde, den die Luft an den Lebensprocessen in der Pflanze und dem Thiere nimmt, keine Ahnung hatte.

Die heutige Chemie stellt die Elemente des Wassers dar, sie setzt dieses Wasser mit allen seinen Eigenschaften aus diesen Elementen zusammen, aber sie kann diese Elemente nicht schaffen, sie kann sie nur aus dem Wasser gewinnen. Das neugebildete künstliche Wasser ist früher Wasser gewesen.

Viele unserer Landwirthe gleichen den alten Alchemisten, wie diese dem Stein der Weisen, so streben sie dem wunderbaren Samen nach, der ohne weitere Zufuhr von Nahrung auf ihrem Boden, der kaum reich genug für die gewöhnlich cultivirten Pflanzen ist, hundertfältig tragen soll!

Die seit Jahrhunderten, seit Jahrtausenden gemachten Erfahrungen sind nicht im Stande, sie vor immer neuen Täuschungen zu bewahren; die Kraft des Widerstandes gegen solchen Aberglauben kann nur die Kenntniss wahrer wissenschaftlicher Principien gewähren.

In der ersten Zeit der Philosophie der Natur war es das Wasser allein, aus dem sich das Organische entwickelte, dann war es das Wasser und gewisse Bestandtheile der Luft, und jetzt wissen wir mit der grössten Bestimmtheit, dass noch andere Hauptbedingungen, welche die Erde liefert, zu diesen beiden sich gesellen müssen, wenn die Pflanze das Vermögen, sich fortzupflanzen und zu vervielfältigen, erlangen soll.

Die Menge der in der Atmosphäre enthaltenen Nahrungsstoffe der Pflanzen ist begrenzt, allein sie muss vollkommen ausreichend sein, um die ganze Erdrinde mit einer reichen Vegetation zu bedecken.

Beachten wir, dass unter den Tropen und in den Gegenden der Erde, wo sich die allgemeinsten Bedingungen der Fruchtbarkeit, Feuchtigkeit, ein geeigneter Boden, Licht und eine höhere Temperatur vereinigen, dass dort die Vegetation kaum durch den Raum begrenzt ist, dass

da, wo der Boden zur Befestigung fehlt, die absterbende Pflanze, ihre Rinde und Zweige selbst zum Boden werden. Es ist klar, dass es den Pflanzen dieser Gegenden an atmosphärischem Nahrungstoffe nicht fehlen kann, er fehlt auch unseren Culturpflanzen nicht.

Durch die unaufhörliche Bewegung der Atmosphäre wird allen Pflanzen eine gleiche Menge von den zu ihrer Entwicklung nöthigen luftförmigen Nahrungstoffen zugeführt, die Luft unter den Tropen enthält nicht mehr davon wie die Luft in den kalten Zonen, und dennoch wie verschieden scheint das Productionsvermögen von gleichen Flächen Landes dieser verschiedenen Gegenden zu sein.

Alle Pflanzen der tropischen Gegenden, die Oel- und Wachspalmen, das Zuckerrohr, enthalten, im Verhältniss zu unseren Culturgewächsen, nur eine geringe Menge der eigentlichen, zur Ernährung des Thieres nothwendigen Blutbestandtheile; die Knollen der einem hohen Strauche gleichen Kartoffelpflanze in Chili würden, von einem ganzen Morgen Land gesammelt, kaum hinreichen, um das Leben einer irländischen Familie einen Tag lang zu fristen (Darwin). Die zur Nahrung dienenden Pflanzen, welche Gegenstände der Cultur sind, sind ja nur Mittel zur Erzeugung dieser Blutbestandtheile. Beim Mangel an den Elementen, die zu ihrer Erzeugung der Boden liefern muss, kann sich vielleicht Holz, Zucker, Amylon, aber es werden sich die Blutbestandtheile in der Pflanze nicht bilden können. Wenn wir auf einer gegebenen Fläche mehr davon hervorbringen wollen, als auf dieser Fläche die Pflanze im freien, wilden, im normalen Zustande hervorbringt, so müssen wir im Boden die Menge der hierzu nothwendigen Bestandtheile vermehren.

Die Menge Nahrung, welche verschiedenen Gewächsen in einer gegebenen Zeit zugeführt werden muss, um eine freie und ungehinderte Entwicklung zu gestatten, ist sehr ungleich.

Auf dürrer Sande, auf reinem Kalkboden, auf nackten Felsen gedeihen nur wenige Pflanzengattungen, meistens nur perennirende Gewächse; sie bedürfen zu ihrem langsamen Wachsthum nur sehr geringer Mengen von Mineralsubstanzen, die ihnen der für andere Gattungen unfruchtbare Boden in hinreichender Menge noch zu liefern vermag; die einjährigen, namentlich die Sommergewächse, wachsen und erreichen ihre vollkommene Ausbildung in einer verhältnissmässig kurzen Zeit, sie kommen auf einem Boden nicht fort, welcher arm ist an den zu ihrer Entwicklung nothwendigen Mineralsubstanzen.

Um ein Maximum von Grösse in der gegebenen kurzen Periode ihres Lebens zu erlangen, genügt häufig genug die in der Atmosphäre erhaltene Nahrung nicht. Es muss für sie, wenn die Zwecke der Cultur erreicht werden sollen, dem Boden künstlich Ammoniak (und mitunter auch Kohlensäure) zugeführt werden. (S. Rückblick.)

Das Ammoniak reicht aber mit der Kohlensäure nicht hin, um zu einem Bestandtheile der Pflanze, um zu einem Nahrungstoffe für das Thier zu werden; ohne die Alkalien wird kein Albumin, ohne Phosphor-

säure und Erdsalze wird kein Pflanzenfibrin, kein Pflanzencasein gebildet werden können, ohne die Aschenbestandtheile geschieht in der Pflanze überhaupt keine Bildung organischer Stoffe aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak.

Wie verschieden verhalten sich von den Sommergewächsen die immergrünenden Gewächse, die Fettpflanzen, Moose, die Nadelhölzer und Farrenkräuter. Sommer und Winter nehmen sie zu jeder Zeit des Tages Kohlenstoff durch ihre Blätter auf, durch Absorption von Kohlensäure, die ihnen der unfruchtbare Boden nicht liefern kann; ihre lederartigen oder fleischigen Blätter halten das aufgesaugte Wasser mit grosser Kraft zurück und verlieren verhältnissmässig zu anderen Gewächsen nur wenig davon durch Verdunstung.

Wie gering ist zuletzt die Menge der Mineralsubstanzen, die sie während ihres kaum stillstehenden Wachstums das ganze Jahr hindurch dem Boden entziehen, wenn wir sie mit der Menge vergleichen, die z. B. eine Ernte Weizen bei gleichem Gewichte in drei Monaten vom Boden empfängt!

Es ergibt sich aus dem Vorhergehenden, dass die Vortheilhaftigkeit des Fruchtwechsels darauf beruht, dass die Culturgewächse ungleiche Mengen gewisser Nahrungsstoffe dem Boden entziehen. Wir lassen auf eine Kalippflanze (Rüben, Kartoffeln) eine Kieselpflanze, auf diese eine Kalkpflanze folgen.

Allein es giebt noch eine andere Ursache der Vortheilhaftigkeit des Fruchtwechsels.

Die Nahrungsstoffe des Bodens werden durch die Wurzeln aufgenommen und treten in die Wurzelzellen als gelöste Körper ein. Wie nun früher schon erwähnt wurde, befinden sich gerade die wichtigsten der Pflanzennahrungsstoffe im absorbirten Zustande im Boden, d. h. in einer Form, in welcher sie zwar dem Wachstume der Pflanzen am zuträglichsten, in welcher sie aber auch in der Bodenfeuchtigkeit entweder unlöslich oder doch kaum mehr als in Spuren löslich sind. Nur indem die von den Ackertheilchen absorbirten Nährstoffe mit den Pflanzenwurzeln in directe Berührung kommen, werden sie löslich und aufnehmbar.

Man versteht daher die Bedeutung der Bewurzelung für die Grösse der Nahrungsaufnahme aus dem Boden.

Je bedeutender die Oberfläche und der Tiefgang der Wurzeln ist, mit desto mehr Ackertheilchen kommen sie in Berührung und desto leichter wird die Pflanze ihren Nahrungsbedarf decken können. Ist die Wurzeloberfläche dagegen gering und beschränkt sich der Tiefgang der Wurzeln nur auf die Krume, so muss diese sehr reich an aufnehmbarer Pflanzennahrung sein; die Wurzeln kommen nur mit verhältnissmässig wenigen Ackerpartikelchen in Berührung, die Nahrungsstoffe der mittleren und tieferen Bodenschichten sind für sie unerreichbar.

Die weitere Vortheilhaftigkeit der Wechselwirthschaft beruht also

auf der Fähigkeit der Culturpflanzen, in Folge ihrer verschiedenen Bewurzelung, ungleiche Mengen der Nährstoffe denselben Schichten oder verschiedenen Schichten des Bodens zu entziehen.

Die landwirthschaftliche Eintheilung der Culturpflanzen in Krümpfpflanzen und Untergrundpflanzen und ihre Aufeinanderfolge in dem Wechsel der Früchte ist hiernach verständlich. — Ebenso klar ist es, warum der Landwirth Pflanzen derselben Gattung, z. B. zwei Halmgewächse, aufeinander folgen lassen kann, obgleich sie aus der nämlichen Bodenschicht ihre Nahrung schöpfen; sie können sich folgen, abgesehen von einem etwaigen ungleichen Nahrungsbedürfniss, weil die nachgebaute Pflanze eine grössere Wurzeloberfläche besitzt als die vorhergebaute und daher im Stande ist, auch einem zum Theil schon erschöpften Boden die ihr nöthige Nahrungsmenge zu entziehen.

Indem man daher in der Landwirthschaft Pflanzen mit grösserer Wurzeloberfläche auf solche mit geringerer Wurzeloberfläche folgen lässt, können die Nährstoffe der einzelnen Bodenschichten in erhöhtem Maasse benutzt werden. Indem man ferner Pflanzen mit einem stärkeren Wurzeltiefgange in die Fruchtfolge einschiebt, gehen die Nährstoffe der mittleren und unteren Bodenschichten, zu denen die Wurzeln der Getreidearten nicht mehr gelangen, in die Pflanzen über.

Durch Anbau von Klee, Futterrüben, Lupinen etc. macht der Landwirth die Nährstoffe der tieferen Bodenschichten wirksam und beweglich; er erhält durch die Cultur dieser Pflanzen nicht allein Futter für seine Thiere, sondern in dem erhaltenen Dünger auch die Nährstoffe der tieferen Bodenschichten und demnach Dünger für seine Getreidefelder.

Ganz ähnlich wird der Landwirth die oberen und mittleren Schichten seiner Felder durch die Nährstoffe des Untergrundes düngen können, wenn er die Gründüngungspflanzen anbaut. Durch die Cultur einer solchen Pflanze, z. B. der Lupine, holt er die Nährstoffe des Untergrundes herauf und durch Einackern der in Blüthe stehenden Pflanzen erfüllt er den angeführten Zweck. In Folge des Verwesungsprocesses schafft er ausserdem der neuen Einsaat und der sich entwickelnden jungen Pflanze ein Maximum von Nahrung, eine Atmosphäre von Kohlensäure; aller Stickstoff, den die Gründüngungspflanze aus der Luft empfangt, dient der darauf folgenden Pflanze zur freudigeren und üppigeren Entwicklung.

Man sieht, durch die Wechselwirthschaft kann der Landwirth auch eine künstliche Humuserzeugung bewirken.

Noch in einer anderen Weise hat man die Vortheilhaftigkeit der Wechselwirthschaft zu begründen gesucht. Man glaubte sich berechtigt, einen Ausscheidungsprocess durch die Wurzeln annehmen zu dürfen. Diese Wurzelausscheidungen seien excrementielle Stoffe und schädeten der Pflanzengattung, von welcher sie herrührten; sie schädeten auch kaum den anderen Pflanzengattungen.

Wo sind, kann man fragen, alle diese Bestandtheile der Speisen hingekommen, zu welchem Zwecke haben sie gedient? in welcher Form sind sie aus dem Körper getreten? Wir haben Kohlenstoff und Stickstoff zugeführt, und das Gewicht des Körpers hat in seinem Kohlen- und Stickstoffgehalte nicht zugenommen, wir haben eine Menge Alkalien und phosphorsaure Salze in der Speise genossen, und der Gehalt unseres Körpers an diesen Stoffen ist nicht grösser geworden?

Diese Frage löst sich leicht, wenn man in Betracht zieht, dass die Speisen nicht die einzigen Bedingungen der Unterhaltung des Lebensprocesses in sich schliessen, dass es noch eine andere giebt, welche das Thier wesentlich von der Pflanze unterscheidet.

Das Thierleben ist nämlich abhängig von einer unaufhörlichen Aufsaugung von Sauerstoff, welcher in der Luft enthalten ist. Kein Thier kann ohne Luft, ohne Sauerstoff bestehen. In dem Athmungsprocesse wird in der Lunge eine gewisse Quantität Sauerstoff von dem Blute aufgenommen, die Luft, die wir einathmen, enthält diesen Sauerstoff, sie giebt ihn an die Bestandtheile des Blutes ab, mit jedem Athemzuge nimmt das Blut eines erwachsenen Menschen 20 bis 25 Cubikcentimeter Sauerstoff aus der Luft auf. In 24 Stunden nimmt ein erwachsener Mensch circa 900 Gramme Sauerstoff auf, in einem Jahre Hunderte von Pfunden; wo kommt, kann man wieder fragen, dieser Sauerstoff hin? Wir nehmen Pfunde von Speisen und Pfunde von Sauerstoff in uns auf, und dennoch nimmt das Gewicht unseres Körpers entweder gar nicht, oder in einem viel kleineren Verhältnisse zu, in manchen Individuen nimmt es fortwährend ab (im Greisenalter).

Diese Erscheinung ist, wie man leicht bemerkt, nur insofern erklärbar, als der Sauerstoff und die Bestandtheile der Speisen in dem Organismus eine gewisse Wirkung auf einander ausüben, in deren Folge beide wieder verschwinden. Dies ist nun in der That der Fall; kein Theilchen des als Gas aufgenommenen Sauerstoffs bleibt im Körper, sondern er tritt in der Form von Kohlensäure oder Wasser wieder aus; der Kohlenstoff und Wasserstoff, die sich mit dem Sauerstoffe verbinden, werden von dem Organismus geliefert, und da diese Elemente des Körpers von den Speisen stammen, so kann man sagen, dass in letzter Form alle Elemente der Nahrung, welche die Fähigkeit besitzen, sich mit Sauerstoff zu verbinden, in dem lebendigen Thierkörper in Sauerstoffverbindungen übergehen, was, in der gewöhnlichen Sprechweise ausgedrückt, ganz gleichbedeutend ist einer Verbrennung.

Denken wir uns Brot, Fleisch, Kartoffeln, Heu, Hafer in einem Ofen verbrannt, so verwandelt sich bei gehörigem Luftzuge und somit bei vollkommenem Sauerstoffzutritte, der Kohlenstoff dieser Substanzen in Kohlensäure, der Wasserstoff in Wasser, der Stickstoff wird als Ammoniak in Freiheit gesetzt, der Schwefel geht in Schwefelsäure über, es bleiben zuletzt die mineralischen Bestandtheile dieser Materien als Asche zurück. Als flüchtige Producte erhalten wir Kohlensäure, kohlen saures Ammoniak

und Wasser, und neben diesen bei einer unvollkommenen Verbrennung Rauch oder Russ, und in dem unverbrennlichen Rückstande haben wir die in der Nahrung enthaltenen Salze in unverändertem Verhältnisse.

Wenn wir diese Asche mit Wasser übergiessen, so lösen sich die Alkalien, sowie die löslichen phosphorsauren Salze, Kochsalz und schwefelsauren Salze auf, der nicht im Wasser lösliche Rückstand enthält Kalk und Bittererdesalze, sowie Kieselsäure, wenn der verbrannte Stoff Kieselsäure enthielt.

Ganz dasselbe geht nun im Körper der Thiere vor sich. Durch Haut und Lunge athmen wir in letzter Form den Kohlenstoff und Wasserstoff der Speisen in der Form von Wasser und Kohlensäure aus, aller Stickstoff der Speise sammelt sich in der Harnblase an in der Form von Harnstoff, der durch das einfache Hinzutreten der Elemente des Wassers in kohlen-saures Ammoniak übergeht. Genau so viel Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, als wir in der Speise genossen haben, ist nach Wiederherstellung des ursprünglichen Körpergewichtes auch wieder ausgetreten. Nur in dem jugendlichen Körper und in dem Mästungsprocesse ist die Zunahme grösser, ein Theil der Bestandtheile der Speisen bleibt im Körper; im Greisenalter ist sie aber wieder kleiner, es tritt mehr aus als ein.

Den in der Nahrung enthaltenen Stickstoff bekommen wir also täglich in dem Harn in der Form von Harnstoff und Ammoniakverbindungen wieder; die Fäces enthalten unverbrannte Stoffe, welche, wie Holzfaser, Blattgrün, Wachs, in dem Organismus keine Veränderung erlitten haben, ihr Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoffgehalt ist, verglichen mit dem der Nahrung, sehr klein, was von den Secretionen des Körpers diesen unverdaubaren Materien beigemischt ist, lässt sich mit dem Russe und dem Rauche der in einem Ofen unvollkommen verbrannten Speise vergleichen.

Die Untersuchung des Harns sowie die der Fäces hat ergeben, dass sich die Mineralbestandtheile der Speisen, die Alkalien, Salze und die Kieselsäure in beiden wieder vorfinden.

Der Harn enthält alle löslichen, die Fäces alle im Wasser nicht löslichen Mineralbestandtheile der genossenen Speise, in der Art also, dass, wenn wir uns denken, wie es denn auch in der That der Fall ist, die Speisen seien in dem Körper ähnlich wie in einem Ofen zu Asche verbrannt worden, so enthält der Harn die löslichen und die Fäces die unlöslichen Salze dieser Asche (siehe Anhang). •

| An Bodenbestandtheilen verzehrt ein Pferd ¹⁾ | | wird in den Excrementen des Pferdes wieder erhalten | |
|--|--------------|--|--------------|
| | Gramme Asche | | Gramme Asche |
| 15 Pfund Heu geben | 558,3 | im Harn.... | 105,3 |
| 4,54 Pfd. Hafer..... | 78,8 | in den Fäces | 550,8 |
| im Getränke..... | 12,6 | | <hr/> 656,1 |
| | <hr/> 644,7 | | |
| | eine Kuh | | |
| in 30 Pfd. Kartoffeln . | 200,1 | im Harn.... | 368,7 |
| in Heu..... | 606,0 | in den Fäces | 490,8 |
| im Getränke..... | 48,0 | in der Milch . | 54,0 |
| | <hr/> 854,1 | | <hr/> 913,5 |

Wie man aus diesen Analysen ersieht, erhält man in den festen und den flüssigen Ausscheidungen des Pferdes und der Kuh, so nahe wie sich nur in Versuchen dieser Art erwarten lässt, alle Aschenbestandtheile der Nahrung in unveränderter Menge wieder²⁾.

Die Wirkung, welche die flüssigen und festen Excremente der Thiere auf unseren Aeckern hervorbringen, hört mit der Kenntniss ihres Ursprungs auf, geheimnissvoll und räthselhaft zu bleiben.

¹⁾ Boussingault in den Annales de chimie et de phys. LXXI.

²⁾ Wir führen hier zur weiteren Bestätigung des oben Gesagten einen der von Henneberg mit Hilfe des Respirationsapparates ausgeführten Stoffwechselversuche an (Journal f. Landw. [2] II, S. 1). Der Versuch wurde mit einem ausgewachsenen Schnittochsen von 1425 Pfund Lebendgewicht angestellt. Der Ochse consumirte während 24 Stunden:

| | Mineral- bestand- theile Pfd. | Kohlen- stoff. Pfd. | Wasser- stoff. Pfd. | Stick- stoff. Pfd. | Sauer- stoff. Pfd. |
|---|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| in der Nahrung | 1,78 | 11,65 | 14,43 | 0,62 | 127,78 |
| (Futter u. Tränke nebst Sauerstoff) . | | | | | |
| und schied während derselben Zeit aus: | | | | | |
| im Koth. | 1,15 | 5,17 | 8,41 | 0,21 | 66,36 |
| „ Harn | 0,61 | 0,44 | 2,96 | 0,34 | 23,45 |
| in den gasförmigen Ausscheidungen (Respirationsproducte) | — | 5,38 | 2,84 | — | 36,87 |
| Zusammen in den Ausscheidungen . | 1,76 | 10,99 | 14,21 | 0,55 | 126,68 |

Man sieht, die Elemente der Einnahme erschienen in beinahe denselben Mengen wieder in der Ausgabe. Dass sie in der Ausgabe etwas weniger betrugen, hat darin seinen Grund, dass der Schnittochse während der 24 Stunden um 2,07 Pfund an Gewicht zunahm. — Spätere Versuche Henneberg's (Journ. f. Landw. Bd. VI, 1870, S. 1) bewiesen, dass z. B. in den Excrementen von ausgewachsenen Hammeln die Phosphorsäure und das Kali des Erhaltungsfutters vollständig wieder erschienen.

Die mineralischen Bestandtheile der Speisen, des Futters der Thiere, stammen von unseren Aeckern, wir haben sie in der Form von Samen, von Wurzeln und Kraut darauf geerntet. In dem Lebensprocesse der Thiere verwandeln sich die verbrennlichen Elemente der Nahrung in Sauerstoffverbindungen, der Harn und die Fäces enthalten die entzogenen Bodenbestandtheile unserer Felder; wir stellen, indem wir sie den Aeckern wieder einverleiben, den ursprünglichen Zustand der Fruchtbarkeit wieder her; bringen wir sie in der gehörigen Menge auf ein Feld, in welchem diese den Pflanzen unentbehrlichen Nahrungsstoffe fehlten, so wird das Feld fruchtbar für alle Gewächse.

Ein Theil der Ernte wurde zur Ernährung, zur Mästung von Thieren verwendet, welche von den Menschen verzehrt werden, ein anderer Theil wurde direct in der Form von Mehl, Kartoffeln, Gemüse verbraucht, ein dritter Theil besteht aus den nicht verzehrten Pflanzenüberresten, welche in der Form von Stroh zu Streu u. s. w. verwendet werden. Es ist klar, wir sind im Stande, alle Bestandtheile unserer Aecker, die wir in der Form von Thieren, Korn und Früchten ausgeführt haben, in den flüssigen und festen Excrementen der Menschen, in den Knochen und dem Blute der geschlachteten Thiere wieder zu gewinnen; es hängt nur von uns ab, durch die sorgfältige Sammlung derselben das Gleichgewicht in der Zusammensetzung unserer Aecker wieder herzustellen. Wir können berechnen, wie viel an Bodenbestandtheilen wir in einem Schafe, einem Ochsen oder in der Milch einer Kuh, wie viel wir in einem Hektoliter Gerste, Weizen oder Kartoffeln ausführen, und aus der bekannten Zusammensetzung der Fäces der Menschen lässt sich ermitteln, wie viel wir davon hinzuzuführen haben, um den Verlust, den unsere Aecker erlitten, wieder auszugleichen.

Es ist gewiss, dass wir die Excremente der Thiere und Menschen entbehren können, wenn wir im Stande sind, aus anderen Quellen uns die Stoffe zu verschaffen, durch die sie allein Werth für die Agricultur besitzen. Ob wir das Ammoniak in der Form von Urin oder in der Form eines aus Steinkohlentheer erhaltenen Salzes, ob wir den phosphorsauren Kalk in der Form von Knochen oder als Apatit zuführen, ist für den Zweck ganz gleichgültig. Die Hauptaufgabe der Agricultur ist, dass wir in irgend einer Weise die hinweggenommenen Bestandtheile, welche die Atmosphäre nicht liefern kann, ersetzen. Ist dieser Ersatz unvollkommen, so nimmt die Fruchtbarkeit unserer Felder oder die des ganzen Landes ab, führen wir mehr zu, so wird die Fruchtbarkeit gesteigert.

Die Einfuhr von Harn, von festen Excrementen aus einem fremden Lande ist ganz gleichzusetzen einer Einfuhr an Korn und Vieh. Alle diese Stoffe nehmen in einer genau zu bestimmenden Zeit die Form von Getreide, Fleisch und Knochen an, sie gehen in die Leiber der Menschen über und kehren als Speisen genossen, täglich in die Form, die sie ursprünglich besaßen, wieder zurück. Der einzig wirkliche Verlust, dem wir nach unseren Sitten nicht vorbeugen können, ist der an phosphor-

phorsäuren Salzen, welchen die Menschen in ihren Knochen mit in ihre Gräber nehmen. Die ganze ungeheure Quantität von Nahrung, welche der Mensch in 60 Jahren zu sich nimmt, ein jeder Bestandtheil derselben, der von unseren Aeckern stammt, kann wieder gewonnen und wieder zugeführt werden. Wir wissen mit der grössten Bestimmtheit, dass nur in dem Leibe des jugendlichen oder des in der Zunahme begriffenen Thieres eine gewisse Quantität phosphorsaurer Kalk in den Knochen; von phosphorsäuren Alkalien in dem Blute zurückbleibt, dass bis auf diese verhältnissmässig für jeden Tag äusserst geringe Mengen alle Salze mit alkalischen Basen, aller phosphorsaure Kalk und Bittererde, welche das Thier täglich in der Nahrung genießt, dass wir also alle unorganischen Bestandtheile der Nahrung in den festen und flüssigen Excrementen wieder gewinnen.

Ohne nur eine Analyse dieser Excremente anzustellen, können wir mit Leichtigkeit ihre Quantität, wir können bestimmen, von welcher Beschaffenheit sie sind, welche Zusammensetzung sie besitzen. Wir geben einem Pferde täglich $4\frac{1}{2}$ Pfd. Hafer und 15 Pfd. Heu; der Hafer giebt 4 Proc., das Heu 9 Proc. Asche, und wir berechnen daraus, dass die täglichen Excremente des Pferdes 632 Grm. unorganische Materien enthalten müssen, die von unserem Felde stammen. Die Analyse der Haferasche und der Asche des Heues giebt uns genau in Procenten an, wieviel Kieselsäure, wieviel an Alkalien und phosphorsäuren Salzen wir darin haben.

Man bemerkt leicht, dass die Beschaffenheit der fixen Bestandtheile in den Excrementen sich mit der Nahrung ändert. Geben wir einer Kuh Runkelrüben oder Kartoffeln, ohne Heu oder Gerstenstroh, so haben wir in ihren festen Excrementen wenig oder keine Kieselsäure, wir haben darin phosphorsäuren Kalk und Bittererde, in den flüssigen Excrementen haben wir kohlen-saures Kali und Natron, sowie Verbindungen dieser Basen mit anorganischen Säuren. Hinterlässt das Futter oder die Speise nach dem Verbrennen eine Asche, welche lösliche phosphorsaure Alkalien enthält (Brot, Mehl, Samen aller Art, Fleisch), so bekommen wir von dem Thiere, von dem sie verzehrt werden, einen Harn, in dem wir dieses phosphorsaure Alkali wiederfinden. Giebt die Asche des Futters an Wasser kein lösliches phosphorsaures Kali ab (Heu, Rüben, Kartoffeln), sind darin nur unauf lösliche phosphorsaure Erden enthalten, so ist der Harn frei von phosphorsau-rem Alkali; wir finden alsdann in den Fäces die phosphorsäuren Erden. Der Harn der Menschen, der fleisch- und körnerfressenden Thiere enthält phosphorsaures Alkali, der Harn der grasfressenden Thiere ist frei von diesem Salze.

Die Analyse der Excremente der Menschen, der fischfressenden Vögel, des Guano (siehe Anhang), sowie die Excremente des Pferdes und der Kuh (siehe Anhang) geben über die darin enthaltenen Salze den genügendsten Aufschluss.

Wir bringen, wie diese Analysen ergeben, in den festen und flüssigen Excrementen der Menschen und Thiere auf unsere Aecker die Asche der Pflanzen zurück, welche, neben einer gewissen Menge Stickstoff und Kohlenstoff, zur Nahrung dieser Menschen und Thiere gedient haben. Diese Asche besteht aus löslichen und unlöslichen Salzen und Erden, welche, zur Entwicklung der Culturpflanzen unentbehrlich, der fruchtbare Boden ihnen darbieten muss.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass wir mit der Zufuhr dieser Excremente dem Boden wieder das Vermögen geben, einer neuen Ernte Nahrung darzubieten — wir stellen das gestörte Gleichgewicht wieder her. Jetzt, wo wir wissen, dass die Bodenbestandtheile des Futters in den Harn und die Excremente des Thieres übergehen, das sich davon ernährt, lässt sich mit der grössten Leichtigkeit der verschiedene Werth der Düngerarten feststellen. Die festen und flüssigen Excremente eines Thieres haben als Dünger für diejenigen Gewächse den höchsten Werth, welche dem Thiere zur Nahrung gedient haben. Der Koth der Schweine, die wir mit Erbsen und Kartoffeln ernährt haben, ist vor allem anderen zur Düngung von Erbsen- und Kartoffelfeldern geeignet. Wir geben einer Kuh Heu und Rüben und erhalten einen Dünger, der alle Bestandtheile der Graspflanzen und Rüben enthält, dem wir zur Düngung der Rüben vor jedem anderen den Vorzug geben müssen. So enthält der Taubenmist die mineralischen Bestandtheile der Körnerfrüchte, der Kaninchenmist die der krautartigen und Gemüsepflanzen; der flüssige und feste Koth der Menschen enthält die Mineralbestandtheile aller Samen in grösster Menge.

Die Kenntniss der Aschenbestandtheile der Speise, des Futters, führt nach dem Obigen mit der grössten Genauigkeit auf die Kenntniss der Bodenbestandtheile in den flüssigen und festen Excrementen der Thiere und Menschen.

Kennen wir die Quantität der Speise und die Zusammensetzung ihrer Asche, so wissen wir mit Bestimmtheit, wie viel lösliche Salze wir im Harn, wie viel unlösliche wir in den Fäces erhalten werden. Es ist deshalb zwecklos und überflüssig, eine grössere Anzahl von Analysen hier zu geben, da diese Analysen eben so abweichend von einander sein müssen, als es die Aschenbestandtheile der genossenen Speise sind.

Der gewöhnliche Stallmist ist, wie man weiss, eine Mischung von festen Excrementen mit Urin, die in den gewöhnlichen Düngerbehältern nach und nach in Fäulniss übergeht.

In Folge der Fäulniss des Urins verwandelt sich aller darin enthaltene Harnstoff in flüchtiges kohlensaures Ammoniak; ein grosser Theil der organischen Bestandtheile nimmt durch die Einwirkung der Luft unter fortdauernder Wärmeentwicklung luftförmigen Zustand an, er geht in Verwesung über; das Gewicht dieser Bestandtheile nimmt ab, das relative Verhältniss der nicht flüchtigen Mineralbestandtheile nimmt zu. Wenn wir uns denken, dass alle verwesbaren Elemente sich mit dem

Sauerstoffe vorhanden hätten, so würden, wie sich von selbst versteht, nur die unverwesbaren, dieses sind die Aschenbestandtheile, zurückbleiben. So enthält z. B.

ganz frischer Kuhkoth in 100 Theilen:

| | | |
|------------------------------------|--------|---------------|
| Wasser | 84,900 | |
| verbrennliche Substanzen | 12,352 | } 14,100 |
| Aschenbestandtheile | 1,748 | |
| | | <hr/> 100,000 |

Stallmist¹⁾ $\frac{1}{2}$ Jahr alt enthielt:

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------|
| Wasser | 79,3 | |
| verbrennliche Substanzen | 14,04 | } 20,7 |
| Aschenbestandtheile | 6,66 | |
| | | <hr/> 100,0 |

Da nun mit dem Alter des Mistes die darin enthaltenen mineralischen Nahrungsstoffe der Pflanzen zunehmen, der alte Mist also bei gleichem Gewichte 4- bis 6mal mehr enthält als der frische, so erklärt sich hieraus die verhältnissmässig grössere Wirksamkeit und der Vorzug, welchen erfahrene Landwirthe dem gegohrenen vor dem frischen Miste zustehen.

Es ist in dem Vorhergehenden erwähnt worden, dass die thierischen Excremente in der Agricultur ersetzbar sind durch Materien, die ihre Bestandtheile enthalten.

Die Bestandtheile der Holzasche, der Asche der Unkrautpflanzen u. s. w. sind dieselben, wie die der Asche der thierischen Excremente, sie sind darin nur in einem anderen Mengenverhältniss vorhanden. Wir können daher durch Zufuhr von Asche die in den Ernten entzogenen mineralischen Bestandtheile dem Felde mit demselben Erfolge ersetzen, wie durch den Stalldünger. Die ausnehmende Wichtigkeit der Aschendüngung ist denn auch von allen Landwirthen anerkannt.

Die Wichtigkeit fällt in die Augen, wenn man in Erwägung zieht, dass manche mit kaltem Wasser ausgelaugte Holzaschen kieselensaures Kali gerade in dem Verhältnisse wie im Stroh enthalten ($10 \text{ Si O}_3 + \text{KO}$), dass sie ausser diesem Salze beträchtliche Mengen phosphorsaurer Erden enthalten.

Die verschiedenen Holzaschen besitzen übrigens einen höchst un-

¹⁾ Boussingault, Ann. de chim. et de phys. III. Serie p. 237.

gleichen, die Eichenholzasche den geringsten, die Buchenholzasche den höchsten Werth ¹⁾).

Die Asche von Braunkohlen und Torf enthält grösstentheils kiesel-saures Kali; es ist klar, dass diese Asche dem Stroh der Cerealien einen Hauptbestandtheil zu liefern vermag; sie enthalten ebenfalls Beimischungen von phosphorsauren Salzen, manchmal nicht unbedeutend Gyps und stets viel Kalk.

Die Verwendung der Brennereirückstände der Rübenzuckermelasse, welche die löslichen Salze der Zuckerrübe enthalten, gehört gleichfalls hierher.

An den Küsten Frankreichs, an denen von Schottland und Irland sammelt man vielfach die Seetange, welche durch die Wellen an das Ufer getrieben werden oder welche an den Felsen wachsen. Diese Tange werden entweder im zersetzten Zustande, indem man sie auf Haufen bringt und sie zu einer breiartigen Masse zusammenfaulen lässt, als sogenannter Seetangdünger, oder auch geröstet und im verkohlten Zustande auf die Felder gebracht. Man begreift den von den dortigen Landwirthen anerkannten hohen Düngerwerth dieser Substanzen, wenn man bedenkt, dass nach Anderson's Analysen der frische Seetangdünger 10,3 Proc. Asche enthält und in 100 Theilen der Asche 12,8 Kali, 4,6 Phosphorsäure, 18,1 Kalk, 6,5 Magnesia, 6,2 Schwefelsäure, 3,0 Kieselsäure und 22 Theile Kochsalz sich befinden.

In manchen dünnbevölkerten Gegenden Toscanas sammelt man die Nährstoffe des Bodens durch Anbau von Lupinen. Man verwendet deren Samen zum Düngen der Felder volkreicher Gegenden, nachdem man durch heisses Wasser oder Rösten die Keimkraft der Samen zerstört hat.

Auf denselben Principien beruht die vortheilhafte Anwendung mancherlei Abfälle, welche die industrielle Verarbeitung verschiedener Pflanzenstoffe liefert. In der Nähe von Runkelrübenzucker- und Stärkefabriken bringt man das Runkelrüben- und Kartoffelmark, welches nicht zur Fütterung verwendet wird, mit sehr gutem Erfolge auf die Felder. Dasselbe geschieht häufig mit den Pressrückständen der Weintrauben (Trestern) und der Samen der Oelpflanzen (Rapskuchen etc.) sowie mit den Malzkeimen und sonstigen Abfällen der Bierbrauereien. Alle diese Substanzen enthalten neben den mineralischen Bodenbestandtheilen, in welchen ihre düngende Wirksamkeit vorzugsweise liegt, noch kohlenstoff- und stickstoffhaltige organische Materien; und man begreift daher, dass

¹⁾ So enthalten (im Durchschnitte zahlreicher Analysen) 100 Theile Asche von

| | Kali | Magnesia | Kalk | Phosphorsäure | Kieselsäure |
|------------------------------------|------|----------|------|---------------|-------------|
| Buchenholz . . . | 12,5 | 10,8 | 39,3 | 8,7 | 6,7 |
| Eichenholz . . . | 8,6 | 3,5 | 60,3 | 4,4 | 0,9 |
| Nadelholz . . . | 10,4 | 7,7 | 40,2 | 4,9 | 9,1 |
| (Tanne, Fichte, Kiefer, Lärche) | | | | | |

es möglich ist, durch sie den Pflanzen auch eine Kohlensäure- und Stickstoffquelle im Boden zu eröffnen.

Mit ebenso grossem Vortheil wie die Ueberbleibsel der Pflanzen werden die Reste des thierischen Organismus als Dünger angewendet. Der Thierkörper ist in dieser Beziehung als ein Reservoir zu betrachten, in welchem von der frühesten Jugend an bis zur vollkommenen Entwicklung eine gewisse Summe von Bodenbestandtheilen angesammelt wird. Mit dem Absterben des Thieres werden diese Bestandtheile, welche von dem Pflanzenreiche stammten, zur Ernährung einer neuen Anzahl von Pflanzengenerationen wieder disponibel. In dem Blute der Thiere, in Haut und Sehnen, in Wolle und Haaren, Klauen und Horn führen wir sie auf unsere Felder zurück.

Die Wichtigkeit der Knochendüngung ist für Jedermann einleuchtend. Die Knochen der Menschen und Thiere stammen von dem Apatit, der in fruchtbarer Ackererde niemals fehlt; aus dem Boden geht die Knochenerde in das Heu und Stroh, überhaupt in das Futter über, was die Thiere geniessen. Wenn man nun in Anschlag bringt, dass die frischen Knochen 55 Proc. phosphorsauren Kalk und Bittererde enthalten (Berzelius) und annimmt, dass das Heu so viel davon als das Weizenstroh enthält, so ergibt sich, dass 8 Pfd. Knochen so viel phosphorsauren Kalk als 1000 Pfd. Heu oder Weizenstroh enthalten, oder 20 Pfd. davon so viel Phosphorsäure, als in 1000 Pfd. Weizen- oder Haferkörnern sich vorfindet.

In diesen Zahlen hat man kein genaues, aber ein sehr annäherndes Maass in Beziehung auf die Quantität phosphorsaurer Salze, die der Boden diesen Pflanzen jährlich abgiebt.

Drei Ernten (Runkelrüben, Weizen, Roggen) empfangen von einem Hectare Feld eine Quantität Phosphorsäure, welche in 240 Pfd. Knochen enthalten ist.

Neben phosphorsaurem Kalk und Magnesia enthalten die Knochen noch leimgebende Substanz und zwar in 100 Theilen trockner Knochen 32 bis 33 Proc.; nehmen wir darin denselben Stickstoffgehalt wie im thierischen Leim an, so enthalten sie 5,28 Proc. Stickstoff, eine Menge, wie sie erst in 250 Theilen Menschenharn vorkommt.

Die Knochen halten sich in trockenem oder selbst feuchtem Boden (z. B. die in Lehm oder Gyps sich findenden Knochen urweltlicher Thiere) bei Luftabschluss Jahrtausende unverändert, indem der innere Theil durch den äusseren vor dem Angriffe des Wassers geschützt wird. Im feingepulverten feuchten Zustande erhitzen sie sich, es tritt Fäulniss und Verwesung ein, die Gallerte, die sie enthalten, zersetzt sich; ihr Stickstoff verwandelt sich in kohlensaures Ammoniak und in andere Ammoniakverbindungen; bei dem Fäulnissvorgange wird ausserdem das Knochenpulver allmählich in Wasser löslich, es tritt an dasselbe, wie Wöhler fand, nachweisbare Mengen von phosphorsaurem Kalk und Magnesia ab.

Die Form, in welcher die Knochen dem Boden als Dünger gegeben

werden; ist daher nicht gleichgültig. Je feiner zertheilt und je inniger dieselben mit dem Boden gemischt sind, desto leichter wird die Assimilirbarkeit sein. Trägt man ausserdem noch Sorge, dass die Phosphorsäure in dem Knochenmehl ganz oder theilweise durch Aufschliessen mittelst Mineralsäuren (Schwefelsäure, Salzsäure) löslich gemacht ist, das Knochenmehl als sogenanntes Superphosphat dem Boden gegeben wird, so ist die Wirkung eine bedeutend schnellere. Die lösliche Phosphorsäure verbreitet sich rasch im Boden und die Pflanzenwurzeln finden dann überall im Boden Phosphorsäure in der geeigneten Aufnahmsform vor.

Dem phosphorsauren Kalke ist im Wesentlichen auch die ausgezeichnete Düngkraft der Thierkohle der Raffinerien (Spodium) zuzuschreiben. Obgleich die Thierkohle die Phosphate sehr fein vertheilt enthält, sucht man doch vor ihrer Verwendung als Dünger durch Aufschliessen mit Mineralsäuren die Phosphorsäure löslich zu machen.

Die Verwendung werthloser Fische und Fischabfälle als Düngungsmittel findet schon seit längerer Zeit mit gutem Erfolge statt. — Man bereitet aus ihnen einen Fischdünger, welcher als Handelsartikel den Namen Fischguano führt. Er enthält zwischen 6 bis 11 Proc. Stickstoff und 16 bis 22 Proc. phosphorsauren Kalk. Ebenso stellt man von kleinen Seekrebsen (Granat, Granälen) den Granatguano dar; eine Sorte desselben enthielt, nach Wicke, 11,2 Proc. Stickstoff und 5,3 Proc. phosphorsaure Salze. Auch die Excremente der Fledermäuse, welche in Höhlen verschiedener Länder oft bedeutende Ablagerungen bilden, finden als „Fledermausguano“ landwirthschaftliche Verwendung. O. Popp fand in ägyptischem Fledermausguano 37,2 Proc. Stickstoff und 6,8 Proc. Phosphorsäure.

Es ist klar, dass alle mineralischen Bestandtheile, welche wir in der Pflanzenasche oder in der Asche der Thiere unseren Feldern wiedergeben, dieselbe Bedeutung als Nährstoffe für die Pflanzen haben, wenn wir sie auf anderem Wege gewinnen.

Wir ersetzen in dieser Beziehung den Feldern die entzogene Phosphorsäure durch die mineralischen Phosphate in wirksamer Weise. Millionen von Centnern Apatit, Phosphorit etc. werden jährlich von der Landwirthschaft zur Düngung der Felder verwendet. Hier ist es natürlich noch nothwendiger als bei dem Knochenmehle, dass die Phosphorsäure derselben löslich gemacht wird, ehe man sie dem Acker einverleibt. Wie oben erwähnt wurde, besitzen die Knochen in ihrer Gallerte ein Mittel, die Phosphate löslich und verbreitbar zu machen; solches ist bei den mineralischen Phosphaten nicht der Fall, ihre Verbreitung im Boden geschieht vorzugsweise durch die kohlensäurehaltige Bodenfeuchtigkeit; aber selbst im feinstgemahlenen Zustande lösen sie sich nur schwierig und langsam in kohlensäurehaltigem Wasser auf. Die Verwendung der mineralischen Phosphate als Düngemittel geschieht daher fast ausschliesslich im aufgeschlossenen Zustande, als Superphosphat.

Den Feldern wird Kali zugeführt durch die in chemischen Fabriken

aus dem Stassfurter Abraumsalz dargestellten Kalisalze; sie erhalten Kali, nebst Magnesia und Kochsalz, auch Kalk und Schwefelsäure durch directe Verwendung des genannten Abraumsalzes. Dasselbe bedeckt in einer mächtigen Schicht das Steinsalzlager in Stassfurth; und wenn man sich das letztere entstanden denkt durch Verdampfung eines Binnenmeeres, so ist das Abraumsalz nichts anderes als die eingetrocknete Mutterlauge des Meerwassers. 100 Theile Abraumsalz enthalten durchschnittlich zwischen 7 bis 8 Proc. Kali, gegen 9 Magnesia, kaum 1 Kalk, allein über 12 Natron, 6 Schwefelsäure und 28 bis 29 Theile Chlor.

In gleich vortheilhafter Weise ersetzen wir Kali und Kieselsäure durch Kaliwasserglas und durch verwitterten Feldspath. Wir können durch gepulvertes Glas, ebenso durch Infusorienerde oder amorphe Kieselsäure den Boden an Kieselsäure bereichern, welche freilich nur allmählich aufnahmefähig für die Pflanzen wird.

Eine Gypsdüngung versieht das Feld mit Kalk und Schwefelsäure; eine Mergeldüngung mit Kalk und allen übrigen mineralischen Bodenbestandtheilen. Der Mergel ist ein thoniger Kalk, er enthält leicht verwitterbare Silicate und ist oft ebenso reich, ja noch reicher an aufnehmbarem Kali und Phosphorsäure als der Stallmist. Auch die Düngung mit Schlamm gehört hierher. Der Schlamm ist eine mehr oder weniger mit Pflanzennahrungstoffen gesättigte Erde, man kann ihn als natürlich vorkommenden Compost betrachten. Mergel, Schlamm und Gyps werden denn auch von allen Landwirthen als Düngemittel hoch geschätzt.

Man sieht, die Wirkung der Excremente kann ersetzt werden durch deren wirkenden Bestandtheile. Diese Erkenntniss war von der höchsten Wichtigkeit, denn nicht allein der ganze Düngerhandel gründet sich auf sie, sie bildet auch, wie wir noch sehen werden, eine Grundlage der neueren rationellen Düngungsweise.

Es ist von ganz besonderer Wichtigkeit für den Oekonomen, sich über die Ursache der Wirksamkeit der soeben besprochenen Materien nicht zu täuschen. Man weiss, dass sie einen höchst günstigen Einfluss auf die Vegetation haben, und eben so gewiss ist es, dass die Ursache in einem Stoffe liegt, der, abgesehen von ihrer physikalischen Wirkungsweise, durch ihre Form, Porosität, Fähigkeit, Wasser anzuziehen und zurückzuhalten, Antheil an dem Pflanzenleben nimmt. Man muss auf Rechenschaft über diesen Einfluss verzichten, wenn man den Schleier der Isis darüber deckt.

Die Medicin hat Jahrhunderte lang auf der Stufe gestanden, wo man die Wirkungen der Arzneien durch den Schleier der Isis verhüllte, aber alle Geheimnisse haben sich auf eine sehr einfache Weise gelöst. Eine ganz unpoetische Hand erklärte die anscheinend unbegreifliche Wunderkraft der Quellen in Savoyen, wo sich die Walliser ihre Kröpfe vertreiben, durch einen Gehalt an Jod; in den gebrannten Schwämmen, die man zu demselben Zwecke benutzte, fand man ebenfalls Jod; man fand, dass die Wunderkraft der China in einem darin in geringer

Menge vorhandenen krystallinischen Stoffe, dem Chinin, dass die mannichfaltige Wirkungsweise des Opiums in einer eben so grossen Mannichfaltigkeit von Materien liegt, die sich daraus darstellen lassen.

Einer jeden Wirkung entspricht eine Ursache; suchen wir die Ursachen uns deutlich zu machen, so werden wir die Wirkungen beherrschen.

Lassen wir es der Pflanze an Stickstoffnahrung fehlen, geben ihr aber Kohlensäure und alle übrigen Materien, deren sie bedarf, geben wir ihr Humus in der reichlichsten Quantität, sie wird nicht zur Ausbildung gelangen.

Durch die Zufuhr von Ammoniak und damit von Stickstoff allein werden die Zwecke der Agricultur ebenfalls nicht erfüllt; so nothwendig das Ammoniak für die Entwicklung der Pflanze auch ist, so reicht es dennoch für sich allein nicht hin zur Erzeugung von vegetabilischem Casein, Fibrin und Albumin, denn ohne die begleitenden Alkalien, ohne schwefelsaure und phosphorsaure Salze kennen wir diese Stoffe nicht; wir wissen, dass ohne ihre Mitwirkung das Ammoniak nicht organische Form annimmt, dass es ganz gleichgültig ist, ob wir Ammoniak zuführen oder nicht, es wird keinen Antheil an der Bildung der Blutbestandtheile nehmen, wenn die anderen Bedingungen zu ihrer Erzeugung nicht gleichzeitig vorhanden sind.

In den flüssigen und festen Excrementen haben wir alle diese Bedingungen beisammen, keine fehlt; wir haben darin nicht nur das Ammoniak, sondern auch die Alkalien, die kiesel-sauren, phosphor-sauren und schwefel-sauren Salze.

Die kräftige Wirkung des Urins rührt demnach nicht von den darin enthaltenen Stickstoffverbindungen allein her, sondern die sie darin begleitenden Salze haben einen ganz entscheidenden Antheil daran.

Der Harn des Menschen enthält phosphorsaure Alkalien, der der Grasfresser ist reich an kohlensaurem Kali.

Der Harn enthält in dem Zustande, wo er als Dünger dient, keinen Harnstoff, weil dieser durch die Fäulniss übergeht in kohlensaures Ammoniak.

Das Vorhandensein von freiem kohlensauren Ammoniak in gefaultem Urin hat selbst in früheren Zeiten zu dem Vorschlage Veranlassung gegeben, die Mistjauche auf Salmiak zu benutzen. Von manchen Oekonomen ist dieser Vorschlag in Ausführung gebracht worden zu einer Zeit, wo der Salmiak einen hohen Handelswerth besass. Die Mistjauche wurde in Gefässen von Eisen der Destillation unterworfen und das Destillat auf gewöhnliche Weise in Salmiak verwandelt (Demachy).

Das durch Fäulniss des Urins erzeugte kohlensaure Ammoniak kann auf mannichfaltige Weise fixirt, d. h. seiner Fähigkeit, sich zu verflüchtigen, beraubt werden.

Denken wir uns einen Acker, den wir mit gefaultem Urin, mit Mistjauche überfahren, so wird die Ackererde das Ammoniak absorbiren, es kann sich dann nicht mehr verflüchtigen und ist für sich in der Bodenfeuchtigkeit kaum löslich; in dieser Form ist das Ammoniak für die

Pflanzenernährung am zweckmässigsten. Wir sind aber auch im Stande, umgekehrt durch Zusatz von absorbirender Ackererde, Torfklein etc. zur Jauche einer Verflüchtigung ihres kohlensauren Ammoniak vorzubeugen.

Wir haben viele einfache Mittel, um alles kohlensaure Ammoniak den Pflanzen zu erhalten; Chlorcalcium, Schwefelsäure oder Salzsäure, saurer phosphorsaurer Kalk (Superphosphat) bis zum Verschwinden der Alkalinität dem Harne zugesetzt, vermögen das Ammoniak in ein Salz zu verwandeln, was seine Fähigkeit, sich zu verflüchtigen, ebenfalls verloren hat.

Stellen wir eine Schale mit concentrirter Salzsäure in einen gewöhnlichen Abtritt hinein, in welchem die obere Oeffnung mit dem Düngbehälter in offener Verbindung steht, so findet man sie nach einigen Tagen mit Krystallen von Salmiak angefüllt. Das Ammoniak, dessen Gegenwart die Geruchsnerven schon anzeigen, verbindet sich mit der Salzsäure und verliert seine Flüchtigkeit; über der Schale bemerkt man stets dicke weisse Wolken oder Nebel von neuentstandenen Salmiak. In einem Pferdestalle zeigt sich die nämliche Erscheinung. Dieses Ammoniak geht nicht allein der Vegetation verloren, sondern es verursacht noch überdies eine langsam, aber sicher erfolgende Zerstörung der Mauer. In Berührung mit dem Kalke des Mörtels verwandelt es sich in Salpetersäure, welche den Kalk nach und nach auflöst, der sogenannte Salpeterfrass (Entstehung von löslichem salpetersaurem Kalk) ist die Folge seiner Verwesung.

Das Ammoniak, was sich in Ställen und aus Abtritten entwickelt, ist unter allen Umständen mit Schwefelwasserstoff oder mit Kohlensäure verbunden. Kohlensaures Ammoniak und schwefelsaurer Kalk (Gyps) können bei gewöhnlicher Temperatur nicht mit einander in Berührung gebracht werden, ohne sich gegenseitig zu zersetzen. Das Ammoniak vereinigt sich mit der Schwefelsäure, die Kohlensäure mit dem Kalke zu Verbindungen, welche nicht flüchtig, d. h. geruchlos sind. Bestreuen wir den Boden unserer Ställe von Zeit zu Zeit mit gepulvertem Gyps, der mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet ist, so wird der Stall seinen Geruch verlieren, und wir werden nicht die kleinste Quantität Ammoniak, was sich gebildet hat, für unsere Felder verlieren (Mohr). In ähnlicher Weise erzeugt sich schwefelsaures Ammoniak bei der Desinfection der Latrinen mit Eisenvitriol, durch die Umsetzung des Eisensalzes mit Schwefelammonium.

Die Harnsäure, nach dem Harnstoffe das stickstoffreichste unter den Producten des lebenden Organismus, ist im Wasser löslich, sie wird durch die Wurzeln der Pflanzen aufgenommen und nach den neueren Versuchen auch assimiliert.

Es wäre von ausserordentlichem Interesse, die Metamorphosen zu studiren, welche die Harnsäure in einer lebenden Pflanze erfährt; die Untersuchung des Saftes der Pflanze oder der Bestandtheile des Samens oder der Frucht würde leicht die Verschiedenheit erkennen lassen.

Das Nämliche, was von den wirkenden Bestandtheilen des Harns gesagt wurde, gilt auch von den übrigen thierischen Excrementen, von den sonstigen der genannten Düngemittel. Ihre pflanzenernährende Wirkung liegt in ihrem Gehalte an Nährstoffen; diese aber sind, wie erörtert, gleichwerthig; der Stickstoff hat nicht mehr Werth als das Eisen oder die Phosphorsäure oder der Kalk; alle müssen zur Entwicklung der Pflanze vorhanden sein und von ihr in der richtigen Menge aufgenommen werden können. Ein Dünger wird daher, wenn wir von den Bestandtheilen des Bodens und der Atmosphäre gänzlich absehen, um so vortheilhafter für die Pflanze sein, in einem je richtigeren Mengenverhältniss er die Nährstoffe enthält, welche zum Gedeihen der Pflanze oder zur vorzugsweisen Erzeugung einzelner ihrer Organe oder bestimmter Stoffreihen in ihr nöthig sind.

Allein wir können in der Landwirthschaft den Dünger in seiner Beziehung zur Pflanze nicht für sich betrachten, sondern wir müssen hierbei zwei weitere Factoren: Atmosphäre und Boden, mit in Rechnung ziehen; beide enthalten Pflanzennahrungsstoffe, ja die des Düngers stammen aus den genannten zwei Quellen. Dieses festgehalten, müssen aber für den Landwirth die Stoffe im Dünger ungleichwerthig sein; der Dünger wird für ihn den meisten Werth haben, welcher, dem Boden gegeben, im Vereine mit den darin und in der Atmosphäre schon vorhandenen Nährstoffen dauernd den gewünschten Erfolg hervorbringt. In diesem Sinne darf man von einem wichtigsten Nährstoffe im Dünger sprechen, und lange Zeit wurden in der That seine organischen Bestandtheile und später die in Form von stickstoffhaltigen organischen Stoffen oder von Ammoniak- (Salpetersäure-) Verbindungen darin vorkommenden als die wichtigsten, ja die stickstoffhaltigen als die allein wirksamen Düngstoffe angesehen. Besonders die letztere Ansicht hielt sich lange Zeit; man berechnete allen Ernstes, wie vielen Centnern Stallmist oder Guano oder Knochenmehl Ein Centner Chilisalpeter oder schwefelsaures Ammoniak äquivalent sei!

Als Princip des Ackerbaues muss angesehen werden, dass der Boden in vollem Maasse wieder erhalten muss, was ihm genommen wird und was ihm aus natürlichen Quellen von selbst und dauernd nicht wieder zufließt.

Die Zurückerstattung geschieht durch den Dünger.

Das ausgesprochene Princip als richtig anerkannt, war die Ansicht, der Werth eines jeden Düngemittels könne nach seinem Stickstoffgehalt bemessen werden und der Stickstoff sei der wirksame Bestandtheil im Dünger, nicht mehr haltbar, sobald man das constante Vorkommen von Ammoniak (Salpetersäure) in der Atmosphäre und den hohen Gehalt einer jeden Ackererde an pflanzlicher Stickstoffnahrung festgestellt hatte. Die erwähnte Ansicht wurde aber vollkommen hinfällig, als man erkannte, dass jeder Verlust, den der Boden durch die Vegetation an Stickstoff erleide, sofort wieder aus der Atmosphäre gedeckt werde, der Boden also bei der Cultur an Stickstoff nicht ärmer werde; als man ferner bewies:

dass innerhalb einer Anzahl von Jahren (16!) auf einem mit stickstoffhaltigem Dünger gedüngten und ungedüngten Felde gleichviel Stickstoff geerntet (Boussingault) wurde, und endlich als zahlreiche landwirthschaftliche Erfahrungen ergeben hatten, auf einer nicht mit stickstoffhaltigem Dünger versehenen Wiese oder Kleefelde ernte man das Anderthalbfache bis Doppelte und darüber an Stickstoff, als auf reich gedüngten Weizen- oder Roggenfeldern. Durch zahlreiche und genaue Vegetationsversuche wurde zudem noch gefunden, dieselbe Menge Stickstoff im Dünger, je nachdem sie begleitet ist von mineralischen Bodenbestandtheilen oder nicht, bringt sehr ungleiche Erfolge auf dem nämlichen Felde hervor. (Man vergleiche übrigens auch „Ammoniak und Salpetersäure“ in den Naturgesetzen des Feldbaues.)

Ebensowenig Werth legte die gewöhnliche landwirthschaftliche Praxis dieser Ansicht bei.

Der praktische Landwirth giebt den Stallmist nicht auf die Felder im frischen Zustande, in welchem er am meisten Stickstoff enthält, sondern im verrotteten, in welchem er am reichsten an den mineralischen Bodenbestandtheilen ist.

Bei der Poudrettefabrikation achtet man in vielen Fällen sehr wenig auf die Erhaltung des Ammoniak in den hierzu verwendeten menschlichen Excrementen. Die in den Häusern in Paris in Fässern gesammelten Excremente werden in Montfaucon in tiefen Gruben gesammelt und sind zum Verkaufe geeignet, wenn sie einen gewissen Grad der Trockenheit durch Verdampfung an der Luft gewonnen haben; durch die Fäulniss derselben in den Behältern in den Häusern verwandelt sich aller Harnstoff zum grössten Theile in kohlensaures Ammoniak; die vegetabilischen Theile, welche darin enthalten sind, gehen ebenfalls in Fäulniss über, alle schwefelsauren Salze werden zersetzt, der Schwefel bildet Schwefelwasserstoff und flüchtiges Schwefelammonium. Die an der Luft trocken gewordene Masse hat den grössten Theil ihres Stickstoffgehalts mit dem verdampfenden Wasser verloren, der Rückstand besteht neben phosphorsaurem Ammoniak zum grössten Theile aus phosphorsaurem Kalk und Bittererde und fettigen Substanzen. Unter dem Namen Poudrette kommt dieser Dünger im Handel vor, er ist seiner kräftigen Wirkung wegen sehr geschätzt. Diese Wirkung kann nicht abhängig sein von dem ursprünglich darin enthaltenen Ammoniak, eben weil der grösste Theil desselben beim Trocknen entwichen ist. Nach der Analyse von Jaquemars enthält die Pariser Poudrette nicht über 1,8 Proc. Ammoniak.

In anderen Fabriken mengt man die weichen Excremente mit Holzasche oder mit Erde, die eine reichliche Quantität von ätzendem Kalk enthält, und bewirkt damit eine völlige Anstreubung alles Ammoniaks, wobei sie ihren Geruch aufs Vollständigste verlieren. Auch dieser Dünger kann nicht durch seinen Stickstoffgehalt wirken.

Es ist klar, dass wenn wir die festen und flüssigen Excremente der Menschen und die flüssigen der Thiere in dem Verhältnisse zu dem Stick-

stoffe auf unsere Aecker bringen, den wir in der Form von Gewächsen darauf geerntet haben, so wird die Summe des Stickstoffs auf dem Gute jährlich wachsen müssen. Denn zu dem, welchen wir in dem Dünger zuführen, ist aus der Atmosphäre eine gewisse Quantität hinzugekommen.

Ein eigentlicher Verlust an Stickstoff findet niemals statt, denn selbst die geringe Menge, welche die Menschen mit in ihre Gräber nehmen, geht den Gewächsen unverloren, denn durch Fäulniss und Verwesungsprocesse, durch Neubildung kehrt dieser Stickstoff in der Form von Ammoniak in die Erde und in die Atmosphäre zurück.

Man begreift nach dem Vorhergehenden, dass der Stickstoff nicht der vorzugsweise oder gar ausschliesslich wirkende Bestandtheil im Dünger ist. Dessenungeachtet zeigt sich beim Feldbaue eine Zufuhr von Stickstoff in vielen Fällen sehr vortheilhaft und wir werden später diese Fälle näher zu bestimmen und die Vortheilhaftigkeit einer solchen Zufuhr auf ihre Ursachen zurückzuführen haben. Hier ist nur hervorzuheben, dass der Landwirth, wenn er zu gewissen Pflanzen und zur Erzielung bestimmter Erfolge mit stickstoffhaltigen Düngemitteln düngt, dieselben nicht von aussen den Feldern seines Gutes zuzuführen nöthig hat. Er besitzt in den Futterpflanzen das Mittel, den assimilirbaren Stickstoff der Atmosphäre in der bedürfenden Menge zu verdichten; die Futterpflanzen gedeihen vortrefflich, ohne dass es, wie erwähnt, nöthig ist, ihnen stickstoffhaltigen Dünger zuzuführen. Aller Stickstoff der Futterpflanzen findet sich wieder in den flüssigen und festen Ausscheidungen des ausgewachsenen Thieres, und es kommt deshalb nur darauf an, die Excremente sorgfältig zu sammeln und durch Anlegung guter Miststätten, durch Fixirung des sich bildenden kohlensauren Ammoniak einem Stickstoffverlust möglichst vorzubeugen.

Der Dünger, dieses wurde gesagt, enthält nicht bloss die Nahrungsstoffe der Pflanzen, er ist ein Pflanzennahrungsmittel, sondern durch ihn werden auch die durch die Ernten entzogenen Bestandtheile dem Boden wieder zurückgegeben, er ist ein Ersatzmittel und dient zur Erhaltung der Feldfruchtbarkeit.

Die Ersatzleistung der entzogenen und von selbst dem Boden nicht wieder zufließenden Bestandtheile geschieht natürlich entsprechend dem Entzuge. Soll es aber möglich sein, dieselben Ernten auf der gegebenen Bodenfläche zu erzielen, so muss die Düngung noch manches Andere mit-
leisten.

Wir haben in den vorhergehenden Capiteln erwiesen, dass die verschiedenen Pflanzen verschiedene Anforderungen an den Boden stellen. Sie bedürfen zu ihrem Gedeihen nicht bloss ein verschiedenes Mengenverhältniss der einzelnen Nährstoffe, sie bedürfen es auch verschieden in den einzelnen Entwicklungsperioden, sie bedürfen es entsprechend ihrer jeweiligen Bewurzelung in verschiedenen Bodentiefen, sie bedürfen es endlich in der Aufnahmsform.

Alle diese Verhältnisse, deren eingehende Erörterung übrigens erst in dem zweiten Theile dieses Werkes stattfinden kann, sind bei der rationellen Düngung zu berücksichtigen. Es kommt darauf an, dass der verwendete Dünger nicht bloss die Nährstoffe dem Acker zuführt, sondern auch in Verbindungen und Mischungen, welche den kleinsten Bodentheilchen die Herstellung des für die Pflanzen geeigneten Nährstoffverhältnisses, soweit die Wurzeln reichen, gestatten. Und hier sind wir angekommen bei den Wirkungen der Düngemittel, welche man häufig als secundäre bezeichnet.

Man hat sich daran gewöhnt, alle Substanzen Düngemittel zu nennen, welche, dem Acker gegeben, eine Ertragssteigerung hervorbringen, auch wenn sie diese Steigerung nicht in ihrer Eigenschaft als Pflanzennahrungsmittel bewirken. So wenden wir häufig auf unseren Feldern Kalk, Gyps, Ammoniak- und salpetersaure Salze, sowie Kochsalz an, wir führen denselben organische stickstoffhaltige und stickstofffreie Stoffe zu, wir vermischen den Boden mit Quarzsand u. s. w. Nur in seltenen Fällen wollen wir durch diese Substanzen den Feldern Kalk oder Schwefelsäure, Ammoniak oder Kohlensäure etc. ersetzen, vielmehr wollen wir durch ihre Zuführung die Widerstände beseitigen helfen, welche sich der Wurzel beim Aufsuchen und bei der Aufnahme der Nährstoffe aus dem Boden entgegenstellen, wir suchen die Nahrungsaufnahme in der richtigen Form und am richtigen Orte durch sie zu ermöglichen. Die Wirkungen der genannten Stoffe in dieser Beziehung sind in der That zu vergleichen mit den Wirkungen des Pfluges und der Egge, sie spielen die Rolle des Magens und Darmes für die Pflanzen.

Es ist selbstverständlich, dass in allen Fällen, wo man die obigen Stoffe auch nur zum Ersatze den Feldern giebt, ihre secundären Wirkungen gleichfalls mit auftreten; und man begreift daher, wie complicirt die Wirkung eines Düngemittels sein kann, und wie nothwendig es ist, nicht bloss die pflanzennährenden Bestandtheile der Düngemittel zu kennen, sondern auch deren Wirkungen auf den Boden und dessen Nährstoffe. (Siehe Theil II: Die einzelnen Düngemittel.)

Der Boden beherrscht im Allgemeinen die Düngerwirkung. Für diesen Satz haben wir zahlreiche Beweise. Dieselbe Quantität Dünger verschiedenen Feldern ganz in derselben Weise zugeführt, bringen sehr ungleiche Erträge hervor, sowohl in Beziehung auf deren Gesamtmenge als auch bezüglich des Verhältnisses an den einzelnen Pflanzenorganen (z. B. an Körnern und Stroh etc.).

Ein solcher Einfluss des Bodens ist aber leicht zu erklären. Die landwirthschaftlich wichtigsten Nährstoffe, wie z. B. Kali und Phosphorsäure, sind von den Bodentheilchen absorbirt und circuliren daher nicht in Form einer Lösung durch den Boden; sie werden durch die Wurzeln direct den Bodentheilchen entzogen und nur von den Stellen des Bodens, mit denen gerade eine Wurzel in Berührung, geschieht die Nahrungsaufnahme; die Bodentheilchen, die von der Wurzel entfernt liegen, tragen

wenig oder nichts zur Ernährung bei. Man versteht daher die grosse Menge von Nährstoffen, welche der Boden enthalten muss, soll er eine Mittelernte liefern; Tausende von Pfunden der einzelnen Pflanzennahrungsstoffe gehören dazu; denn da es unmöglich ist zu bestimmen, mit welchen Bodenpartikelchen die Wurzelfasern in Berührung kommen, so müssen eben alle Bodentheile, soweit die Wurzel reicht, entsprechend der aufsaugenden Wurzeloberfläche mit Nährstoffen versehen sein. (Siehe Theil II: Boden.) Nun enthalten aber die Culturböden solche bedeutende Mengen Pflanzennahrungsstoffe, und es versteht sich daher von selbst, dass die verhältnissmässig geringen Mengen Nährstoffe, die wir bei einer Düngung zuführen, nicht das den Ertrag Bestimmende sind; sie helfen nur im Vereine mit den im Boden vorhandenen Nährstoffen den Ertrag hervorbringen.

Nach dem Vorhergehenden ist in den verschiedenen Böden ein verschiedenes Mengenverhältniss der wirkenden Bestandtheile vorhanden, denn enthielten sie ein gleiches, so müsste ja, unter übrigens gleichen Umständen, durch dieselbe Düngermenge der nämliche Erfolg auf ihnen erzielt werden.

Die verschiedenen Feldproducte bedürfen aber zu ihrer Erzeugung verschiedener Nährstoffverhältnisse; und wenn auch nicht geleugnet werden kann, dass die Pflanzen das Vermögen besitzen, ein günstigstes Nährstoffverhältniss aus dem Boden aufzunehmen, so erweisen doch zahlreiche Erfahrungen, dass das Feld um so eher z. B. eine reiche Körnerernte hervorbringt, je mehr das Nährstoffverhältniss im Boden ein der Körnerbildung günstiges ist.

Es kommt daher auf die Kenntniss des Nährstoffverhältnisses im Boden an, und auf die Abänderung desselben für einen vorgesetzten Culturzweck. Die erstere wird in der Praxis am besten erworben durch Düngungsversuche, unter Umständen auch durch die auf den betreffenden Feldern wachsenden Unkrautpflanzen; die letztere kann erreicht werden durch die Fruchtwechselwirthschaft oder durch geeignete Düngung oder durch beides zusammen.

Wir leisten demnach durch den Dünger dem Felde nicht bloss Ersatz, wir suchen auch so viel als möglich durch eine geeignete Düngerszusammensetzung auf das Nährstoffverhältniss des Feldes in einer Weise einzuwirken, wie es für die zu bauende Frucht am besten ist.

Aber gerade in dieser Beziehung tritt die Bedeutung der Erkenntniss: die Wirkungen der thierischen Excremente sind bedingt durch ihre wirkenden Bestandtheile, recht augenscheinlich hervor. Wir können die erwähnte Abänderung des Nährstoffverhältnisses im Boden durch einen einzigen in der gehörigen Menge zugeführten Nährstoff, oder auch durch zwei u. s. w. bewirken; allein unter allen Umständen hat sich dieser Nährstoff oder die Zusammensetzung der Mischung der Nährstoffe nach dem Verhältnisse zu richten, in welchem die letzteren im Boden vorhanden sind.

Das Bestreben der früheren Landwirthe, den Stalldünger, überhaupt die thierischen Excremente, zu ersetzen, ist für die jetzigen völlig bedeutungslos geworden. Der heutige Landwirth weiss, dass er in dem Stallmist etc. seinen Feldern nur ein gewisses Nährstoffverhältniss zuführt und dass er häufig genug seinen Zweck viel besser erreicht, wenn er nur Phosphorsäure oder Kali oder die Nährstoffe in einem ganz anderen Verhältnisse seinen Feldern giebt, als sie der Stallmist enthält.

In der That, der moderne Landwirth düngt nach dem Nährstoffverhältnisse seines Bodens und den Bedürfnissen seiner Pflanze, er verwendet hierzu nur Dünger von der passendsten Zusammensetzung.

Das soeben Gesagte soll keineswegs die Bedeutung der thierischen Excremente, des Stalldüngers etc., für die Landwirthschaft abschwächen, es soll vielmehr den Landwirth aufklären, die genannten Dünger seien nicht vollkommene, für alle Fälle passende, sondern sie repräsentirten nur ein bestimmtes Nährstoffverhältniss. Andererseits ergibt sich aus dem Gesagten der Werth der Handelsdünger. Sie bestehen aus Nährstoffen, einem oder mehreren, und es gelingt daher leicht, durch richtiges Zusammenmischen, durch Hinzufügung zum Stalldünger u. s. w. alle für die Zwecke der Praxis nothwendigen Nährstoffverhältnisse zusammenzusetzen.

Berücksichtigen wir aber dieses, so ist es geradezu unverständlich, wie man Handelsdünger und Stalldünger bezüglich des Preises miteinander vergleichen kann. Es ist ganz sicher, berechnet man die Mengen von Phosphorsäure, Kali und allen übrigen Nährstoffen, welche in 100 Centnern Stallmist enthalten sind, so kosten sie mehr als die 100 Centner Stallmist für sich kosten würden. Allein die Handelsdünger sind nicht dazu da, um aus ihnen ein ähnlich zusammengesetztes Nährstoffverhältniss herzustellen, wie es der Stallmist darbietet, sondern, wie angeführt, um von jedem festen Nährstoffverhältniss zu emancipiren und zu ermöglichen, die Verhältnisse nach den landwirthschaftlichen Bedürfnissen zusammenzusetzen.

Eine gesteigerte Cultur erfordert eine gesteigerte Düngung, mit derselben muss das Productionsvermögen unserer Felder wachsen, die Ausfuhr von Getreide und Vieh muss zunehmen, sie wird gehemmt durch Mangel an Dünger. Das Streben des Landwirthes muss deshalb darauf gerichtet sein, jedem Verluste an Dünger vorzubeugen.

Es ist ganz unmöglich, sich bei uns eine Vorstellung von alle der Sorgfalt zu machen, welche der Chinese anwendet, um den Menschenkoth zu sammeln; ihm (so berichten Davis, Fortune, Hedde und Andere) ist er der Nahrungssaft der Erde, und verdankt dieselbe ihre Thätigkeit und Fruchtbarkeit hauptsächlich diesem energischen Agens.

Der Chinese, dessen Haus noch immer, was es ursprünglich gewesen sein mag, ein Zelt ist, nur von Stein und Holz, weiss nichts von Latrinen, wie sie bei uns sind, sondern er hat in dem ansehnlichsten und bequemsten Theile seiner Wohnung irdene Kufen oder auf das Allersorgfältigste

ausgemauerte Cisternen, und der Begriff der Nützlichkeit beherrscht so völlig seinen Geruchssinn, dass, wie Fortune (*The Tea districts of China and India*. Vol. I, p. 221) erzählt: „dasjenige, was in jeder civilisirten Stadt Europas als ein unerträglicher Missstand (nuisance) angesehen ist, dort von allen Classen, Reich und Arm, mit dem äussersten Wohlbehagen (complacency) betrachtet wird,“ — „und ich bin gewiss,“ fährt er fort, „dass nichts einen Chinesen mehr in Erstaunen setzen würde, als wenn irgend einer sich über den Gestank beklagte, der sich von diesen Behältern verbreitet.“ Sie desinficiren diesen Dünger nicht, aber sie wissen vollkommen, dass derselbe durch den Einfluss der Luft an treibender Kraft einbüsst, und suchen ihn sorgfältig vor Verdunstung zu schützen.

Nach dem Handel mit Getreide und Nahrungsmitteln ist kein Handel so ausgedehnt wie der mit diesem Dünger. In langen, plumpen Fahrzeugen, welche die Strassenanäle durchkreuzen, werden diese Stoffe täglich abgeholt, und in dem Lande verbreitet. Ein jeder Kuli, welcher des Morgens seine Producte auf den Markt gebracht hat, bringt am Abend zwei Kübel voll von diesem Dünger an einer Bambusstange heim.

Die Schätzung dieses Düngers geht so weit, dass Jedermann weiss, was ein Tag, ein Monat, ein Jahr von einem Menschen abwirft, und der Chinese betrachtet es als mehr denn eine Unhöflichkeit, wenn der Gastfreund sein Haus verlässt und ihm einen Vortheil verträgt, auf den er durch seine Bewirthung einen gerechten Anspruch zu haben glaubt. Von fünf Personen schätzt man den Werth der Ausleerungen auf zwei Teu für den Tag, was aufs Jahr 2000 Cash beträgt, ungefähr 20 Hectoliter zu einem Preis von sieben Gulden.

In der Nähe grosser Städte werden diese Excremente in Poudrette verwandelt, die in der Form von viereckigen Kuchen den Backsteinen ähnlich, in die weitesten Entfernungen hin versendet werden; sie werden in Wasser eingeweicht und in flüssiger Form verbraucht. Der Chinese düngt, den Reis ausgenommen, nicht das Feld, sondern die Pflanze.

Eine jede Substanz, die von Pflanzen und Thieren stammt, wird von dem Chinesen sorgfältig gesammelt und in Dünger verwandelt; die Oelkuchen, Horn und Knochen sind hoch geschätzt, ebenso Russ, und besonders Asche; es reicht hin zu erwähnen, um den Begriff von dem Werth thierischer Abfälle vollständig zu machen, dass die Barbieri die Abfälle der Bärte und Köpfe, welche bei Hunderten von Millionen Köpfen, die täglich rasirt werden, schon etwas ausmachen, sorgfältig zusammenhalten und Handel damit treiben; der Chinese ist mit der Wirkung des Gypses und Kalks vertraut, und es kommt häufig vor, dass sie den Bewurf der Küchen erneuern, bloss um den alten als Dünger zu benutzen (Davis).

Kein chinesischer Landwirth sät einen Getreidesamen, bevor er in flüssiger, mit Wasser verdünnter Jauche eingequellt worden ist und angefangen hat zu keimen, und es hat ihn (so behauptet er) die Erfahrung belehrt, dass nicht nur die Entwicklung der Pflanzen dadurch befördert,

sondern auch die Saat vor den im Boden verborgenen Insecten geschützt werde (Davis).

Während der Sommermonate werden alle Arten von vegetabilischen Abfällen mit Rasen, Stroh, Gras, Torf, Unkraut mit Erde gemischt, in Haufen gesetzt und, wenn diese trocken sind, angezündet, so dass sie in mehreren Tagen langsam verbrennen, und das Ganze in eine schwarze Erde verwandelt ist. Dieser Dünger wird nur zur Samendüngung verwendet. Wenn die Sæzeit da ist, macht ein Mann die Löcher, ein anderer folgt und legt den Samen ein, ein dritter fügt die schwarze Erde hinzu — die junge Saat, in dieser Weise gepflanzt, entwickelt sich mit einer solchen Kraft, dass sie dadurch befähigt ist, ihre Wurzeln durch den strengen dichten Boden zu treiben, und die Bestandtheile desselben sich anzueignen (Fortune).

„Den Weizen säet der chinesische Landmann, nachdem die Samen in Mistjauche eingeweicht gewesen sind, in Samenbeete ganz dicht, und versetzt die Pflanzen; bisweilen werden auch die eingeweichten Körner sofort in den zubereiteten Acker dergestalt gesteckt, dass sie vier Zoll von einander kommen. Die Verpflanzungszeit ist gegen December; im März treibt die Saat sieben bis neun Halme mit Aehren, aber kürzeres Stroh als bei uns. Man hat mir gesagt, dass der Weizen das 120ste Korn und darüber gebe, was die aufgewendete Mühe und Arbeit reichlich lohnt“ (Eckeberg, Bericht an die Akademie der Wissenschaften in Stockholm, 1765¹⁾).

Auf Tschusan und über die ganze Reisgegend von Tschekiang und Kiangsu werden zwei Pflanzen ausschliesslich zur Gründung für den Reis cultivirt, die eine ist eine Species von Coronilla, die andere ist Klee. Breite Balkenfurchen, ähnlich denen zur Selleriecultur, werden aufgeworfen, und der Samen auf die Höhenfurchen fleckchenweise, fünf Zoll von einander, eingestreut; in wenigen Tagen beginnt die Keimung, und lange ehe der Winter vorüber, ist das ganze Feld bedeckt mit üppiger Vegetation; im April werden die Pflanzen in den Boden eingebracht; es

¹⁾ In dem „Dresdner Journal“ vom 16. Sept. 1856 findet sich folgende Notiz: „Wie uns aus Eibenstock mitgetheilt wird, hat der dortige Forstinspector Thiersch bereits seit mehreren Jahren sehr gelungene Versuche mit dem Verpflanzen von Winterkorn in der Herbstzeit gemacht. Derselbe versetzte nämlich in der Mitte des Monats October die dazu bestimmten Pflänzchen: 1 Metze Aussaat auf 100 Quadratruthen Fläche, was ein ungewöhnlich ergiebiges Resultat lieferte. Es kamen Stöcke vor, die bis zu 51 Halmen mit Aehren enthielten, wovon letztere wieder bis zu 100 Körner zählten.“

Ich habe Hrn. F. J. Thiersch um nähere Erläuterung seiner Versuche gebeten, und nach seiner Mittheilung über Kosten und Ertrag scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, dass auf reichen Feldern und in Gegenden, wo es an Händen nicht fehlt, das chinesische Culturverfahren auch bei uns Vortheile verspricht. Einer meiner Freunde, welcher das Versuchsfeld sah, theilte mir mit, dass er an einer zufällig ausgerissenen (nicht ausgewählten) Pflanze 21 Halme mit vollen Aehren gezählt habe. Für arme Felder passt diese Cultur durchaus nicht.

beginnt sehr rasch die Zersetzung derselben, begleitet von einem sehr unangenehmen Geruch. Diese Methode ist überall im Gebrauch, wo Reis gebaut wird (Fortune, Vol. I, p. 238).

R ü c k b l i c k .

Die Menge der in der Luft enthaltenen Nahrungsstoffe ist, verglichen mit der Luftmasse, sehr gering.

Wenn man alle Kohlensäure- und Ammoniaktheilchen, die in der Luft zerstreut enthalten sind, sich in einer Schicht um die Erde herum gesammelt denkt, so würden diese Gase, wenn sie dieselbe Dichte wie an der Meeresfläche hätten, die Kohlensäure etwas mehr wie acht Fuss, das Ammoniakgas kaum zwei Linien Höhe haben; beide werden von der Pflanze der Luft mittelbar oder unmittelbar entzogen und die Atmosphäre wird natürlich ärmer daran.

Wäre die ganze Oberfläche der Erde eine zusammenhängende Wiese, von welcher jährlich auf einem Hectar 100 Centner Heu geerntet werden könnten, so würde in 21 bis 22 Jahren die Atmosphäre aller darin enthaltenen Kohlensäure durch die Wiesenpflanzen beraubt sein, und alles Leben würde dann ein Ende haben; die Luft würde aufhören für die Pflanzen fruchtbar zu sein, d. h. eine unentbehrliche Lebensbedingung für ihre Entwicklung darzubieten. Wir wissen, dass für die ewige Dauer des organischen Lebens gesorgt ist; der Mensch und die Thiere leben von dem Pflanzenleib; alle organischen Wesen haben nur ein vorübergehendes, verhältnissmässig kurzes Bestehen; in dem Lebensprocess der Thiere verwandelt sich die Nahrung, die ihn unterhält, in das, was sie ursprünglich war; eine ganz gleiche Veränderung wie die Nahrung erleiden die Leiber aller Thiere und Pflanzen nach ihrem Tode; ihre verbrennlichen Elemente werden in Kohlensäure und Ammoniak zurückgeführt.

Die Dauer des organischen Lebens ist, wie man sieht, in Beziehung auf die verbrennlichen Elemente, aus denen der Pflanzen- und Thierleib sich bildet, auf das Engste geknüpft an die Wiederkehr dieser Bedingungen; für diese hat der Schöpfer einen grossen Kreislauf eingerichtet, an welchem der Mensch sich betheiligen kann, der aber ohne sein Zuthun sich erhält.

Da, wo die Nahrung in der Form von Korn und Feldfrüchten auf dem Boden sich anhäuft und wächst, sind nahebei Menschen und Thiere, die sie verzehren und welche durch das zwingende Naturgesetz ihrer eigenen Erhaltung diese Nahrung immer wieder zurück in die ursprünglichen Nahrungselemente verwandeln.

Die Luft ruht nie, sie ist immer, auch wenn nicht der leiseste Wind weht, auf- oder absteigend in Bewegung; was sie an Nahrungsstoff verlor, empfängt sie sogleich von einem anderen Orte aus immer fließenden Quellen wieder.

Die Erfahrungen in der Wald- und Wiesencultur geben zu erkennen, dass die Atmosphäre eine für die Vegetation unerschöpfliche Menge Kohlensäure enthält.

Wir ernten auf gleichen Flächen Wald- oder Wiesenboden, in welchem die den Pflanzen unentbehrlichen Bodenbestandtheile vorhanden sind, ohne dass ihnen ein kohlenstoffhaltiger Dünger zugeführt wird, in der Form von Holz und Heu eine Quantität Kohlenstoff, welche gleich ist und in vielen Fällen mehr beträgt als die Kohlenstoffmenge, welche das Culturland in der Form von Stroh, Korn und Wurzeln hervorbringt.

Es ist klar, dass dem Culturlande eben so viel Kohlensäure durch die Atmosphäre zugeführt und zur Aufnahme dargeboten wird, als einer gleichen Fläche Wiese oder Wald, dass der Kohlenstoff dieser Kohlensäure von unseren Culturpflanzen assimilirt wird oder assimilirbar ist, wenn die Bedingungen zu seiner Aufnahme, zu seinem Uebergange in einen Bestandtheil dieser Gewächse sich auf unseren Aeckern vereinigt vorfinden.

Der Ertrag einer Wiese oder der gleichen Fläche Wald an Kohlenstoff, ist unabhängig von einer Zufuhr an kohlenstoffreichem Dünger, er ist abhängig von dem Vorhandensein gewisser Bodenbestandtheile, welche keinen Kohlenstoff enthalten, sowie von den Bedingungen, welche den Uebergang derselben in die Pflanzen vermitteln.

Wir sind nun häufig im Stande, den Ertrag unseres Culturlandes an Kohlenstoff durch Zufuhr von gebranntem Kalk, durch Asche und Mergel zu erhöhen, durch Materien also, welche den Pflanzen keinen Kohlenstoff abgeben können; und es ist nach diesen wohlbegründeten Erfahrungen vollkommen gewiss, dass wir in diesen Materien das Feld mit gewissen Bestandtheilen versehen, die den darauf cultivirten Pflanzen ein Vermögen geben, was sie vorher nur in einem geringeren Grade besaßen, das Vermögen nämlich, an Masse und damit an Kohlenstoff zuzunehmen.

Es kann hiernach nicht geleugnet werden, dass die Unfruchtbarkeit des Feldes oder sein geringerer Ertrag an Kohlenstoff nicht abhängig war von einem Mangel an Kohlensäure oder an Humus, denn wir können ja diesen Ertrag bis zu einer gewissen Grenze durch Zufuhr von Stoffen steigern, welche keinen Kohlenstoff enthalten; die nämliche Quelle aber, welche der Wiese und dem Walde den Kohlenstoff lieferte, steht auch

unseren Culturgewächsen offen; es handelt sich also in der Agricultur hauptsächlich darum, die besten und zweckmässigsten Mittel anzuwenden, um den Kohlenstoff der Atmosphäre, nämlich die Kohlensäure, in die Pflanzen unserer Felder übergehen zu machen. In den mineralischen Nahrungsstoffen giebt die Kunst des Ackerbaues den Pflanzen diese Mittel, um den Kohlenstoff aus einer Quelle sich anzueignen, deren Zufluss unerschöpflich ist; beim Mangel an diesen Bodenbestandtheilen würde auch die reichlichste Zufuhr an Kohlensäure oder an verwesenden Pflanzenstoffen den Ertrag des Feldes nicht erhöht haben.

Die Menge Kohlensäure, welche aus der Luft in die Pflanze übergehen kann, ist in einer gegebenen Zeit beschränkt durch die Quantität von Kohlensäure, welche mit den Organen der Aufsaugung in Berührung gelangt.

Der Uebergang der Kohlensäure aus der Luft in den Organismus der Pflanze findet durch die Blätter statt; die Aufsaugung der Kohlensäure kann nicht vor sich gehen ohne Berührung der Kohlensäuretheilchen mit der Oberfläche des Blattes oder des Pflanzentheils, der sie aufnimmt.

In einer gegebenen Zeit steht mithin die Menge der aufgenommenen Kohlensäure in geradem Verhältnisse zu der aufsaugenden Blattoberfläche und zu dem in der Luft enthaltenen Kohlensäurequantum.

Zwei Pflanzen derselben Art, von gleicher Blattoberfläche (Aufsaugungsfläche), nehmen in gleichen Zeiten unter gleichen Bedingungen eine und dieselbe Menge Kohlenstoff auf.

In einer Luft, welche doppelt so viel Kohlensäure enthält, nimmt unter denselben Bedingungen eine Pflanze doppelt so viel Kohlenstoff auf¹⁾.

Eine Pflanze, deren Blattoberfläche nur halb so gross ist wie die einer anderen, wird in derselben Zeit eben so viel Kohlenstoff aufnehmen, wie diese zweite Pflanze, wenn wir ihr doppelt so viel Kohlensäure zuführen. Ganz dieselben Beziehungen bestehen zwischen der Oberfläche der Aufsaugungsorgane und der Menge der in einer gegebenen Zeit von der Pflanze aufnehmbaren Stickstoffnahrung.

Hieraus ergibt sich für die Culturpflanzen die so nützliche Wirkung des Humus und aller verwesenden organischen Substanzen.

Die junge Pflanze kann, wenn sie auf die atmosphärische Luft allein angewiesen ist, nur im Verhältnisse zu ihrer aufsaugenden Oberfläche an Kohlenstoff zunehmen, und es ist klar, dass, wenn ihr in der nämlichen Zeit durch die Mitwirkung des Humus dreimal so viel Kohlensäure zugeführt wird, als die atmosphärische Luft für sich darbietet, so wird, die Bedingungen der Assimilation des Kohlenstoffs als gegeben

¹⁾ Boussingault sah, dass Traubenblätter, die in einem Ballon eingeschlossen waren, der durchgeleiteten Luft alle Kohlensäure vollständig entzogen, so gross auch die Geschwindigkeit des Luftstroms, welcher durchging, sein mochte. (Dumas, leçon, p. 23).

vorausgesetzt, ihre Gewichtszunahme das Vierfache betragen. Es werden sich also viermal soviel Blätter, Knospen, Halme etc. bilden, und in dieser vergrößerten Oberfläche empfängt die Pflanze ein in dem nämlichen Grade gesteigertes Aufsaugungsvermögen von Nahrungsstoff aus der Luft, welches weit über den Zeitpunkt hinaus in Thätigkeit bleibt, wo die Zufuhr an Kohlenstoff durch die Wurzeln aufhört.

In Beziehung auf die Aufnahme der Nahrung und die Richtung ihrer Verwendung besteht zwischen den dauernden Gewächsen und den einjährigen Pflanzen ein beachtungswerther Unterschied; denn wenn auch die Fähigkeit, Nahrung aufzunehmen, bei den verschiedenen Pflanzengattungen gleich sein mag, so ist doch der für ihre Lebenszwecke nöthige Bedarf, der Zeit nach, ungleich: um in der kürzeren Periode ihres Lebens ein Maximum von Entwicklung zu erreichen, bedarf die einjährige Pflanze in einer gegebenen Zeit mehr als die zweijährige, diese mehr als die dauernde Pflanze.

Die günstigen Bedingungen des Pflanzenlebens wirken gleich nützlich auf die perennirende Pflanze, allein ihre Entwicklung hängt nicht in gleichem Grade von zufälligen und vorübergehenden Witterungsverhältnissen ab; in ungünstigen wird ihr Wachsthum nur der Zeit nach zurückgehalten; sie vermag die wiederkehrenden günstigen abzuwarten und während in ihrer Zunahme einfach ein Stillstand eintritt, hat das einjährige Gewächs die Grenze seines Lebens erreicht und stirbt ab.

Der Umkreis, aus welchem die perennirende Pflanze ihre Nahrung zieht, erweitert sich von Jahr zu Jahr; wenn ihre Wurzeln an einer Stelle nur wenig vorfinden, so empfängt sie ihren Bedarf von anderen, daran reicheren Stellen.

Die einjährige Pflanze verliert in jedem Jahre ihre Wurzeln, die perennirende behält ihre Wurzeln, bereit in jeder günstigen Zeit zur Aufnahme ihrer Nahrung; viele behalten ihren Stengel oder Stamm, in welchem sich der aufgenommene und nicht verbrauchte Theil der Nahrung für den künftigen Bedarf der Blätter und Knospen anhäuft; daher gedeihen auf einem verhältnissmässig armen Boden diese Gewächse mit Ueppigkeit, auf welchem einjährige Gewächse einer Zufuhr von Nahrung durch die Hand des Menschen bedürfen.

Eine einjährige Pflanze ist um so unabhängiger von einer Zufuhr an atmosphärischen Nahrungsmitteln, je mehr sie sich in ihrem Verhalten den perennirenden nähert. So lange eine Pflanze frische Blätter treibt, behält sie und erhält sich ihr Vermögen, Nahrung aus der Atmosphäre zu schöpfen und sie ist in der Zeit dieser Aufnahme um so weniger einer Zufuhr von Kohlensäure durch den Boden bedürftig.

Eine Erbsenpflanze, welche in derselben Zeit, wo ihre Samen reifen, frische Blätter und Blüthen treibt, nimmt und empfängt mehr verbrennliche Elemente aus der Atmosphäre, als die Kornpflanze, deren Blätter und grüne Stengel nach der Blüthe und mit dem Reifen der Samen ab-

welken und ihre Aufnahmefähigkeit für die atmosphärische Nahrung verlieren.

Man versteht hiernach, warum die eine Pflanze durch Düngung zur richtigen Zeit mit organischen Stoffen, welche in ihrer Verwesung den Wurzeln Kohlensäure und Ammoniak (Salpetersäure) zuführen, an Pflanzenmasse gewinnt und eine grössere Menge von Samen liefert als eine andere, deren Ertrag dadurch kaum erhöht wird.

Der Humus, als die Kohlensäurequelle im Culturlande, wirkt aber nicht allein nützlich als Mittel zur Vergrösserung des Kohlenstoffgehaltes der Pflanze, sondern durch die in einer gegebenen Zeit vergrösserte Masse der Pflanze ist in der That ja auch Raum für die Aufnahme der nothwendigen Bodenbestandtheile gewonnen.

Entsprechend der erwähnten Vermehrung der Blätter wird auch eine solche der Wurzeln stattfinden: mit der Anzahl und Vergrösserung der Wurzeln steigt selbstverständlich die Nahrungsaufnahme aus dem Boden, an welcher bei den Luftpflanzen die Verdunstung theilhaftig ist. Wie man weiss, steht die Verdunstung in einem geraden Verhältnisse zur Temperatur und der verdunstenden Oberfläche der Pflanze; bei sonst gleichen Verhältnissen empfängt eine Pflanze mit grösserer Blattoberfläche vom Boden eine grössere Menge von Bodenbestandtheilen, als eine Pflanze mit kleinerer Oberfläche.

Während die Entwicklung der letzteren, wenn die weitere Zufuhr aufhört, eine baldige Grenze erreicht, dauert die der anderen fort, eben weil sie eine grössere Quantität der zur Assimilation der atmosphärischen Nahrungsstoffe nothwendigen Bedingungen, d. h. Bodenbestandtheile, enthält. In beiden wird sich nur eine, den vorhandenen mineralischen Samenbestandtheilen entsprechende Anzahl oder Masse von Samen bilden können; in derjenigen Pflanze, welche mehr phosphorsaure Alkalien und Erdsalze enthält, entstehen mehr Samen als in der anderen, welche in der nämlichen Zeit weniger davon aufnehmen konnte.

So sehen wir denn in einem heissen Sommer, wenn die weitere Zufuhr von Bodenbestandtheilen durch Mangel an Wasser abgeschnitten ist, dass die Höhe und Stärke der Pflanze sowie die Entwicklung der Samen in geradem Verhältnisse steht zu der Menge der in der vorhergegangenen Periode ihres Wachstums aufgenommenen Bodenbestandtheile.

Auf einem und demselben Felde ernten wir in verschiedenen Jahren ein sehr ungleiches Verhältniss von Korn und Stroh. Für gleiche Gewichte Korn von derselben chemischen Zusammensetzung ist in dem einen Jahre der Strohertrag um die Hälfte grösser, oder auf gleiche Gewichtsmengen Stroh (Kohlenstoff) ernten wir in dem einen Jahre doppelt so viel Korn als in dem anderen.

Ernten wir aber von gleicher Oberfläche doppelt so viel Korn, so haben wir eine entsprechende Menge Bodenbestandtheile mehr in diesem

Korne; ernten wir doppelt so viel Stroh, so haben wir doppelt so viel Bodenbestandtheile in diesem Strohe.

In dem einen Jahre wird der Weizen 3 Fuss hoch und liefert pr. Morgen 1200 Pfd. Samen, in dem nächsten Jahre wieder um einen Fuss höher und liefert nur 800 Pfd. Samen.

Der ungleiche Ertrag entspricht unter allen Umständen dem ungleichen Verhältnisse der zur Bildung des Kornes und Strohes aufgenommenen Bodenbestandtheile. Das Stroh enthält und bedarf die phosphorsauren Salze so gut wie das Korn, nur in einem weit kleineren Verhältnisse. Wenn in einem nassen Frühlinge die Zufuhr derselben nicht in gleichem Verhältnisse stattfindet wie die der Alkalien, der Kieselsäure und der schwefelsauren Salze; wenn die der letzteren grösser ist, so nimmt der Ertrag an Samen ab, weil der Strohertrag grösser wird; es wird nämlich eine gewisse Menge von phosphorsauren Salzen zur Ausbildung der Blätter und Halme verwendet, die sonst zu Samenbestandtheilen übergegangen wären; ohne einen Ueberschuss der phosphorsauren Salze bildet sich der Samen nicht aus. Ja, wir können durch den blossen Ausschluss dieser Salze den Fall künstlich eintreten machen, wo die Pflanze eine Höhe von 3 Fuss erreicht, wo sie zum Blühen kommt, ohne überhaupt Samen zu tragen.

Angenommen, wir hätten alle Bedingungen der Assimilation der atmosphärischen Nahrungsstoffe unseren Culturpflanzen in reichlichster Menge gegeben, so besteht demnach die Wirkung des Humus in einer beschleunigten Entwicklung der Pflanze, in einem Gewinne an Zeit.

Das Moment der Zeit muss in der Kunst des Ackerbaues mit in Rechnung genommen werden, und in dieser Beziehung ist der Humus für die Gemüsegärtnerei von ganz besonderer Wichtigkeit.

Die Getreidepflanzen und Wurzelgewächse finden auf unseren Aeckern in den Ueberresten der vorhergegangenen Vegetation eine ihrem Gehalte an den im Boden vorhandenen mineralischen Nahrungsstoffen entsprechende Menge von verwesenden Pflanzenstoffen, und damit Kohlensäure genug zu ihrer beschleunigten Entwicklung im Frühlinge vor; eine jede weitere Zufuhr von Kohlensäure, ohne eine entsprechende Vermehrung von in die Pflanze übergangsfähigen Bodenbestandtheilen, würde ohne allen Nutzen sein.

Als Nahrungsmittel ist das Ammoniak der Pflanze eben so unentbehrlich wie die Kohlensäure, und seine günstige Wirkung in dem Dünger ist leicht zu verstehen, wenn man sich an die des Wassers erinnert.

Das Wasser spielt in der Vegetation eine doppelte Rolle: es liefert den Pflanzen in einem seiner Bestandtheile ein unentbehrliches Element, und dann dient es, um die Bodenbestandtheile durch die Wurzeln in die Pflanze übergehen zu machen. Wenn der Boden auch noch so reich an Pflanzennahrung ist, so wachsen in heissen Tagen die Pflanzen nicht, wenn es an Wasser im Boden fehlt; die Feuchtigkeit im Boden ist die Brücke, welche den Uebergang der mineralischen Nahrung vermittelt.

Wenn es an der Zufuhr dieser Stoffe mangelt, so verarbeiten die Blätter weder Kohlensäure noch Ammoniak; die Vegetation steht still, obwohl die Luft in heissen Tagen reicher an Wasser ist als in kalten, aber dieses Wasser nützt der Pflanze nichts. Die sonnereichen warmen Tage, sonst die günstigsten für die Entwicklung des Gewächses, werden alsdann zu den gefährlichsten, namentlich für die Sommergewächse, welche nicht Zeit genug hatten ihre Wurzeln in die Tiefe zu treiben, wo noch Feuchtigkeit ist, die ihnen Nahrung zuführen kann. Die Gerste wird dann eine Hand hoch und schiesst in Aehren, die Kartoffeln setzen keine Knollen an. Ein einziger guter Regenfall zur rechten Zeit ändert alles dies wie mit einem Zauberschlag, und wenn der Landwirth seine Felder beregnen lassen könnte zur rechten Zeit, wie der Blumen Gärtner seine Blumentöpfe wässert, so würden alle Pflanzen ein Maximum von Erträgen geben; selbstverständlich nur dann, wenn es an aufnehmbarer Nahrung nicht fehlt, denn wenn der Boden daran Mangel hat, so hat man nur ein dem Mangel entsprechendes Maximum zu erwarten. Indem also das Wasser mehr Bodenbestandtheile übergangsfähig macht, nehmen die Pflanzen mehr Kohlenstoff und Stickstoff auf, ihre Entwicklung wird beschleunigt und das Erntegewicht nimmt zu.

Aehnlich verhält es sich mit dem Ammoniak. Vermehren wir den Ammoniakgehalt im Boden, so findet die Pflanze zu günstiger Zeit mehr von diesem Nahrungsmittel als sonst vor, und die Folge davon ist, dass in entsprechender Weise mehr Bodenbestandtheile wirksam werden. Nach der Menge von Kohlensäure und Ammoniak (Salpetersäure), welche die Luft und der Boden enthalten, richtet sich natürlich die Aufnahme durch die Pflanze; diese kann nicht mehr Ammoniak und Kohlensäure aufnehmen als ihr dargeboten wird, und es gehört demnach zur Aufnahme oder Vermehrung der Pflanzenmasse eine gewisse Zeit; nimmt sie an jedem Tage gleichviel auf, so nimmt sie in zwei Tagen, doppelt so viel als in einem Tag.

Wenn die Pflanze an günstigen Tagen doppelt oder viermal so viel mineralische Nahrung empfangen hätte als sonst, so wird der Ueberschuss warten müssen, um wirksam zu sein, bis so viel Kohlensäure und Ammoniaktheilchen durch die Aufnahmsorgane hinzugekommen sind, dass sie zusammen in Pflanzenbestandtheile übergehen können. Keiner von den Nahrungstoffen der Pflanzen wirkt für sich allein, wenn die anderen nicht dabei sind und mitwirken. Wenn wir demnach, da es an Kohlensäure in der Regel nicht fehlt, den Ammoniakgehalt des Bodens vermehren, so wird unter sonst gleichen Umständen die Entwicklung der Pflanze ausserordentlich beschleunigt, was nichts anderes sagen will, als dass der Zuwachs an Pflanzenmasse in der Zeit grösser ist, wie man dies in Mistbeeten sieht. Wären die Bodenbestandtheile nicht in der Pflanze gegenwärtig gewesen, so würde das Ammoniak nicht die allergeringste Wirkung auf den Ertrag gehabt haben.

Es ist eine wohlconstatirte Thatsache, dass der keimende Samen, sobald er nur eine einzige Wurzelfaser getrieben hat, schon mineralische Bestandtheile aus dem Boden aufnimmt; in der ersten Zeit des Wachstums nimmt die Pflanze eine überwiegende Menge von Aschenbestandtheilen auf.

In den Münchener Versuchen hatten Bohnen, welche im Sande keimten, bis zum Erscheinen der Keimpflanzen über dem Boden zwar an Trockensubstanz um nahezu die Hälfte verloren, allein die Aschenbestandtheile verdoppelt. 100 Bohnensamen enthielten 65,5 Grm. Trockensubstanz mit 2,3 Grm. Asche, 100 Keimpflänzchen 36,4 Grm. Trockensubstanz mit 4,2 Grm. Asche. Bis zur beendigten Blüthe hatten 100 Pflanzen ihr Trockengewicht auf 265,2 Grm. und ihren Aschengehalt auf 24,2 Grm. gesteigert. Dieser Aschengehalt nahm bis zur Ernte nur mehr um 5,2 Grm. zu, obgleich das Trockengewicht der 100 Pflanzen sich auf 333,3 Grm. noch erhöhte (Zöller). Man sieht, das Wirksamwerden der Aschenbestandtheile, die Vermehrung der organischen Substanz in den Pflanzen beginnt erst mit dem Erscheinen der Blätter.

Je reicher ein Boden ist, desto mehr Bodenbestandtheile sammeln sich in den darauf wachsenden Pflanzen an; in einem sehr reichen Boden nehmen anfänglich die jungen Pflänzchen so viele Bodenbestandtheile auf, dass ihre Entwicklung gehemmt und sie in ihrem Wachstume überholt werden von den Pflänzchen eines ärmeren Bodens. Sobald sich jedoch einige Blätter gebildet haben, schreitet das Wachsthum rasch vor sich und mit jedem neuen Blatte steigert sich dasselbe; verhältnissmässig sehr bald sind die Pflanzen des weniger reichen Bodens überholt.

Man begreift daher die Bedeutung eines Nährstoffes, welcher auf die Blattentwicklung wirkt, besonders wenn die Pflanzen in reichen Böden wachsen; das Ammoniak scheint auf dieselbe einen besonderen Einfluss auszuüben.

Alle Düngungsversuche, welche in dieser Beziehung angestellt sind, beweisen die angeführte Wirkung des Ammoniaks. In den Münchener Vegetationsversuchen steigerte sich unter sonst gleichen Umständen das oberirdische Wachsthum der Bohnenpflanze durch Ammoniakdüngung ausserordentlich; die einzelnen Blätter wurden, abgesehen von der Blattvermehrung, durchschnittlich $\frac{1}{2}$ mal grösser als die Blätter der Bohnenpflanzen, welche ohne Ammoniakzusatz blieben; der Samenertrag nahm um 60 Proc. zu. Bei dem Kartoffelversuche erzeugte der mit Phosphorsäure und Ammoniak gedüngte Boden 2240 Grm. frische Pflanzenmasse mehr als der ungedüngte Boden. Das Mehr bestand aber aus 1700 Theilen Kraut und nur 540 Theilen Knollen. Der Mehrertrag in dem mit Phosphorsäure und Kali gedüngten Boden war $2\frac{1}{2}$ mal stärker: er betrug 5614 Grm. frische Pflanzenmasse. Aber wie verschieden; dieser letztere Mehrertrag bestand aus 913 Theilen Kraut und 4701 Theilen Knollen. — In der That ein deutlicher Beweis für die Steigerung des oberirdischen Wachstums durch die Ammoniakdüngung.

Die mitgetheilten Versuche erklären die günstigen Wirkungen, welche ammoniakreiche Düngemittel bei Beginn der Vegetation ausüben; diese werden sich noch steigern auf einem an Aschenbestandtheilen reichen Felde. Im Uebrigen lehren sie aber auch, dass bei Anwendung stickstoffreicher Dünger der Landwirth den Zweck klar vor Augen haben muss, den er erreichen will. Die Zufuhr und deren Grösse wird sich anders gestalten bei Knollen- und Wurzelgewächsen als bei solchen, deren oberirdisches Wachsthum vorzugsweise befördert werden soll; sie wird eine verschiedene sein bei blattrreichen- und blattarmen Pflanzen, ferner bei solchen mit kurzer oder langer Vegetationsdauer.

Ammoniakreicher Dünger befördert das Wachsthum des blätterreichen Kopfkohles, schwächt aber die Entwicklung der Wurzeln der Turnipsrübe; auf Stellen, auf denen Misthaufen lagen, treibt diese vorwiegend Stengel und Blätter.

Von einer gleichen Fläche Land erntet man in verschiedenen Culturgewächsen eine sehr ungleiche Menge von Blut- und Fleischbestandtheilen oder von Stickstoff. Bezeichnet man die Stickstoffmenge, welche auf einem Felde in der Form von Korn und Stroh im Roggen geerntet wird, mit der Zahl 100, so erntet man auf derselben Fläche

| | |
|----------------------|-----|
| im Hafer. | 114 |
| im Weizen | 118 |
| in Erbsen | 270 |
| im Klee | 390 |
| in Turnips | 470 |

Die Erbsen, Bohnen und Futtergewächse liefern hiernach in der landwirthschaftlichen Cultur mehr Stickstoff als die Getreidearten; die Erbsen und Bohnen liefern mehr wie doppelt, der Klee und die Turnipsrübe liefern drei bis viermal mehr Fleisch- und Blutbestandtheile als der Weizen. Der Klee und die Rüben vermögen auf vielen Feldern diesen höheren Ertrag zu liefern ohne im Dünger Stickstoff zu empfangen. Durch Asche kann dieser Ertrag bei dem Klee, durch schwefelsaure Knochenerde bei den Turnips noch gesteigert werden.

In der Cultur zeigt sich der stickstoffhaltige Dünger besonders nützlich für die Getreidepflanzen, obwohl auch das Wachsthum der krautartigen Gewächse auf vielen Feldern mächtig dadurch gesteigert wird; im Allgemeinen beweist das üppige Gedeihen der Futtergewächse auf Feldern, die keinen stickstoffhaltigen Dünger empfangen haben, dass die Nützlichkeit oder Nothwendigkeit dieser Dünger für die Getreidefelder nicht bedingt sein kann durch einen Mangel an Zufuhr von Stickstoff aus natürlichen Quellen, und nicht daraus erklärt werden kann, weil es den Getreidepflanzen an dieser Zufuhr gefehlt habe. Die über einem Klee- und Kornfeld schwebende Luftsäule bietet dem Korn ebenso viele Kohlensäure- und Ammoniaktheilchen dar als dem Klee, und auf dem nämlichen Boden, auf welchem der Landwirth einen sehr geringen Ertrag

an Stickstoff in Korn und Stroh hatte, erntet er, wenn er eine Futterpflanze darauf baut, das Drei- und Vierfache an stickstoffhaltigen Bestandtheilen; die nämliche Quelle, woraus die Kleepflanze ihren Bedarf an Stickstoff schöpfte, stand auch der Kornpflanze offen, und wenn die Kleepflanze das Drei- bis Vierfache empfing, so konnte die Kornpflanze keinen Mangel daran haben. Es ist ganz sicher, dass ein Boden, welcher einen geringen Ertrag an Korn geliefert hat, nicht fruchtbarer wird für Korn, auch wenn demselben die reichlichsten Mengen Ammoniak zugeführt werden.

Der Grund des Nichtgedeihens des Korns muss demnach in anderen Verhältnissen liegen, und die nächstliegende Ursache muss in der Beschaffenheit des Bodens gesucht werden.

Auf der anderen Seite kann es nicht bezweifelt werden, dass zwei an den fixen Nahrungsmitteln der Gewächse gleich reiche Felder dennoch ungleich fruchtbar für Korngewächse sind, wenn das eine derselben mehr kohlenstoff- und stickstoffreiche organische Materien als das andere enthält; das hieran reichere liefert einen höheren Ertrag an Korn und Stroh; es ist ferner gewiss, dass von zwei Feldern, welche eine gleiche Zufuhr an fixen Nahrungsstoffen im Dünger empfangen haben, wenn das eine gleichzeitig, in organischen Materien, noch überdies eine Kohlensäure- und Ammoniakquelle empfängt und das andere nicht, dass dieses eine Feld einen höheren Ertrag an Korn im Allgemeinen liefert als das andere.

Diese Steigerung des Ertrags findet in diesen Verhältnissen statt für Kornpflanzen sowohl wie für andere jährige Gewächse, welche eine schwache Blattentwicklung und Wurzelverzweigung haben, und die Ursache der Nützlichkeit einer Zufuhr von organischen und stickstoffreichen Materien ist leicht erkennbar.

Durch die Düngung seiner Felder mit stickstoffreichem Dünger übt der Landwirth einen unmittelbaren Einfluss auf die Erträge derselben aus, und es steht die Wirkung dieser Dünger durch ihren Stickstoffgehalt im umgekehrten Verhältniss zu der aufsaugenden Blatt- und Wurzeloberfläche und zu der Vegetationszeit der gebaueten Pflanzen.

Auf Pflanzen mit grosser Blattoberfläche (Erbsen, Rüben) oder längerer Vegetationszeit (Wiesenpflanzen, Klee) ist die Wirkung des Stickstoffs im Dünger geringer als auf Halmgewächse. Das Ammoniak ist als Nahrungsmittel für alle Gewächse nothwendig, aber seine Zufuhr im Dünger ist im landwirthschaftlichen Sinn nicht gleich nützlich für alle Culturpflanzen.

Die Erfahrung hat den Landwirth gelehrt, in dieser Beziehung einen Unterschied zu machen; er düngt in der Regel ein Kleefeld nicht mit stickstoffreichen Materien, weil der Ertrag an Klee in der Regel nicht merklich oder nur unbedeutend dadurch gesteigert wird, während durch Düngung seiner Kornfelder mit diesen Stoffen die Erträge derselben zu seinem Vortheil zunehmen.

Der Landwirth benutzt darum die Futtergewächse als Mittel zur Erhöhung der Fruchtbarkeit seiner Kornfelder.

Die Futtergewächse, welche ohne stickstoffreichen Dünger gedeihen, sammeln aus dem Boden und verdichten aus der Atmosphäre in der Form von Blut- und Fleischbestandtheilen das durch diese Quellen zugeführte Ammoniak; indem er mit diesen Futtergewächsen, mit dem Kleeheu, den Rüben etc. sein Rindvieh, seine Schafe und Pferde ernährt, empfängt er in ihren festen und flüssigen Excrementen den Stickstoff des Futters in der Form von Ammoniak und stickstoffreichen Producten und damit einen Zuschuss von stickstoffreichem Dünger oder von Stickstoff, den er seinen Kornfeldern giebt.

Immer stammt der Stickstoff, womit der Landwirth seine Kornfelder düngt, aus der Atmosphäre; jedes Jahr führt er eine gewisse Menge Stickstoff in Schlachtvieh und Korn, in Käse oder Milch von seinem Gute aus; allein sein Betriebscapital an Stickstoff erhält und vermehrt sich, wenn er durch die Cultur von Futtergewächsen, im richtigen Verhältniss, den Ausfall zu ersetzen weiss.

In den gemässigten Zonen sind es gewöhnlich die einjährigen Gewächse, welche die Nahrung des Menschen erzeugen, und es ist die Aufgabe des Landwirths, durch diese seinen Feldern ebenso viel an ernährenden Stoffen für den Menschen abzugewinnen, als eine gleiche Fläche Land mit perennirenden Gewächsen an Nahrungsstoffen für das Thier liefert. Für das Thier, das für sich selbst sorgen kann, sorgt die Natur, während der Mensch für die Sicherung seines Bestehens das Vermögen empfangen hat, die Naturgesetze zu Dienern seiner Bedürfnisse zu machen.

Das beste Getreidefeld, welches gedüngt worden ist, erzeugt im Ganzen nicht mehr Blut- und Fleischbestandtheile als eine gute Wiese, die keinen stickstoffhaltigen Dünger empfangen hat; ungedüngt würde das Getreidefeld weniger als die Wiese hervorgebracht haben.

Was den Kornpflanzen in der Aufnahme ihrer atmosphärischen Nahrungsstoffe aus natürlichen Quellen, der Zeit nach, fehlt, um ein Maximum an Korn und Stroh zu erzeugen, was die sparsamen Blätter während ihrer kurzen Lebensdauer aus der Luft nicht aufzunehmen vermögen, führt der Landwirth durch die Wurzeln zu.

Was die Wiesenpflanzen in acht Monaten an atmosphärischen Nahrungsmitteln aufnehmen und was die Culturpflanzen, deren Aufnahmezeit auf vier bis sechs Monate beschränkt ist, aus der Luft nicht empfangen konnten, ersetzt der Landwirth demnach im Dünger und er bewirkt damit, dass die Kornpflanzen jetzt, in der kürzeren Zeit ihres Lebens, ebenso viel Stickstoff zur Aufnahme und Aneignung vorfinden als den Wiesenpflanzen aus natürlichen Quellen dargeboten wurde.

Die Wirkung stickstoffreicher Düngmittel und ihre Vortheilhaftigkeit in den einzelnen Fällen erklärt sich demnach daraus, dass der Landwirth gewissen Pflanzen von schwacher Blatt- und Wurzelentwicklung

und kurzer Vegetationszeit in Quantität im Dünger zuführt, was ihnen an Zeit zur Aufnahme aus natürlichen Quellen mangelt, und dass er durch sie im Stande ist, das oberirdische Wachsthum sehr bedeutend zu steigern.

Nicht in allen Fällen führt der Landwirth den Stickstoff, womit er die Erträge seiner Kornfelder etc. steigert, in der Form von Ammoniak zu, in welcher er in den in Fäulniss übergegangenen Menschen- und Thierexcrementen enthalten ist. Er benutzt dazu häufig noch andere stickstoffreiche Stoffe wie Horn und Hornspähne, getrocknetes Blut, frische Knochen, Repskuchenmehl und dergleichen.

Wir wissen, dass diese sowie alle stickstoffreichen Stoffe, welche von Thieren und Pflanzen stammen, nach und nach im Boden verwesen, und dass ihr Stickstoff allmählich in Salpetersäure und Ammoniak übergeht, welches letztere von der Ackerkrume aufgesaugt und festgehalten wird.

In allen den Fällen, in welchen das Ammoniak als solches einen günstigen Einfluss auf die Erträge hat, wirken auch diese Stoffe in Beziehung auf ihren Stickstoffgehalt ganz gleich dem Ammoniak, nur ist ihre Wirkung langsamer, weil sie je nach ihrer Zersetzbarkeit im Boden einer gewissen Zeit bedürfen, ehe ihr Stickstoff in Ammoniak übergeht; getrocknetes Blut und Fleisch, sowie die stickstoffreichen Bestandtheile des Repsmehles wirken schneller wie der Leim der Knochen, dieser schneller wie Horn und Hornspähne.

Die unwidersprechlichsten Thatfachen beweisen, dass mit dem Gehalt des Bodens an organischen oder verbrennlichen Stoffen, oder mit deren Zufuhr allein, die Fruchtbarkeit der Felder nicht zunimmt; dass die stickstoffreichen Düngmittel nur dann einen günstigen Einfluss auf die Erträge ausüben, wenn sie begleitet sind von den Aschenbestandtheilen der Gewächse, und dass sie für sich nur auf solche Felder eine günstige Wirkung haben, welche an den Aschenbestandtheilen der Gewächse reich sind. Wenn die Atmosphäre in einer Rotation dem Felde ersetzt, was es an Stickstoffnahrung an die ausgeführten landwirthschaftlichen Producte abgegeben hat, so kann es durch die fortgesetzte Cultur nicht ärmer und nie erschöpft an Stickstoffnahrung werden, und es folgt daraus von selbst, dass wir durch Zufuhr stickstoffreicher Dünger oder von Ammoniaksalzen allein die Fruchtbarkeit der Felder, ihr Ertragsvermögen nicht zu steigern vermögen, sondern dass ihr Productionsvermögen mit den im Dünger zugeführten fixen Nahrungsmitteln steigt oder abnimmt.

Die Bildung der Blutbestandtheile, der stickstoffhaltigen Bestandtheile in unseren Culturpflanzen ist an die Gegenwart gewisser Materien geknüpft, welche der Boden enthält; fehlen diese Bodenbestandtheile, so wird auch bei der reichlichsten Zufuhr kein Stickstoff assimiliert; das Ammoniak in den thierischen Excrementen übt nur deshalb die günstige Wirkung aus, weil es begleitet ist von den zu seinem Uebergange im Blutbestandtheile nöthigen anderen Stoffen.

Es ist deshalb nicht ungereimt, sondern wohlbegründet, zu sagen, dass der Werth der Guanosorten, der Poudrette und des Stallmistes in einem gewissen Verhältnisse zu ihrem Stickstoffgehalt stehe, aber der Schluss, den man daraus gezogen hat: dass ihr ganzer Werth, ihre ganze Wirkung auf die Felder auf diesem Stickstoffgehalt beruhe, dass diese Dünger mithin in der Cultur mit gleichem Erfolge ersetzt und vertreten werden können durch Ammoniak und seine Salze, ist keiner Begründung fähig und eine Uebereilung.

Ueberhaupt ist es eine der niederschlagendsten Erscheinungen in der Landwirthschaft, dass in der Beurtheilung des Werthes eines Düngemittels und seiner Wirkung oft die gebildetsten Männer auf alles Urtheil und den gesunden Menschenverstand verzichten.

Man kann bei Vergleichung der Wirkung des Guanos, Knochenmehls und Chilisalpeters zur Zeit der Ernte oder nach Ablauf eines Jahres nicht einen Strich unter die Rechnung machen und sagen: der Guano oder der Chilisalpeter sind bessere Dünger als das Knochenmehl, weil so viele Pfunde mehr Korn mit dem ersteren geerntet worden sind als mit dem anderen. Der gesunde Menschenverstand lehrt, dass man die Wirkung einzelner Düngemittel nach dem Zustand beurtheilen müsse, in welchem sie das Feld hinterlassen.

Es giebt einen rationellen und einen nicht rationellen landwirthschaftlichen Betrieb; unter einem rationellen versteht man einen Betrieb, der, auf Gründe der Vernunft und Erfahrung gestützt, die dauernde Fruchtbarkeit der Felder verbürgt und sichert; ein nicht rationeller ist demnach ein solcher, der zu irgend einer Zeit ein Ende hat, insofern nämlich die Erträge der Felder in gleicher Höhe nicht dauernd wiederkehren, sondern abnehmen; der schlechteste Betrieb ist selbstverständlich der, durch welchen die Felder am raschesten durch die Bewirthschaftung entwerthet werden.

Ich will in dem Folgenden diese verschiedenen Bewirthschaftungen durch einige Beispiele zu verdeutlichen suchen.

Die genauesten und sorgfältigsten Analysen des Ackerbodens haben dargethan, dass in weitaus der Mehrzahl der europäischen Culturfelder gewisse Bestandtheile, welche der Boden enthalten muss, um Korn- und Feldfrüchte zu liefern, ihrer Menge nach sehr begrenzt sind, und dass der Mensch mit seiner Kunst und seinem Scharfsinn nicht vermögend ist, einem Feld hohe Ernten abzugewinnen, wenn diese Bedingungen mangeln; diese beiden unbezweifelbaren Thatsachen sind die Grundlagen, nach denen alle landwirthschaftlichen Betriebe beurtheilt werden müssen.

Wenn wir uns einen kleinen Feldbesitz denken, der an Korn, Fleisch, Milch etc. soviel durchschnittlich liefert als zur Ernährung einer Familie von fünf Köpfen genau ausreicht und nicht mehr, und dass alles geerntete Korn als Brot- und Mehlspeise, die Kartoffeln, Hülsen- und anderen Feldfrüchte als Gemüse, der Klee, das Heu etc. zur Fütterung einer Ziege oder Kuh verwendet und in der Form von Fleisch und Milch von der

Familie verzehrt werden, so bleibt alles was die Aecker zur Erzeugung der Feldfrüchte abgegeben haben, unvermindert auf dem Feldgut in der Form von flüssigen und festen Excrementen der Menschen und Thiere, in dem Streustroh und den Abfällen der Küche zurück, die letzteren zusammen genommen machen den Stallmist und die Jauche aus. Die Bestandtheile des Bodens, welche zur Erzeugung der Feldfrüchte gedient haben, hiessen, so lange sie im Boden waren, Pflanzennährstoffe, im Stallmist und der Jauche heissen sie Düngstoffe. Beide Namen bezeichnen dieselben Dinge, und es ist leicht verständlich, dass man in dem Stallmist und der Jauche ohne alle Schwierigkeit die ganze Summe aller Nährstoffe sammeln und den Feldern wieder zurückerstatten kann, welche in den geernteten Feldfrüchten denselben genommen worden waren; wenn dies jährlich (oder von 3 zu 3 oder von 4 zu 4 Jahren) geschieht, oder, wie man in diesem Fall sagt, wenn die Felder damit gedüngt werden, wenn also jedes Feld von allen Pflanzennährstoffen, die es abgegeben hatte, seinen Theil in der Jauche und dem Stallmist wieder empfängt, so wird es genau in den Zustand versetzt, in welchem es sich im Anfang des Erntejahres befand, und es ist einleuchtend, dass bei gleichen äusseren Bedingungen, Sonnenschein und Regen, jedes Feld die nämliche Menge Korn, Kartoffeln, Erbsen, Klee, Gras etc. wird hervorbringen können, die es im Jahre vorher geliefert hat. Dies ist der rationelle Stallmistbetrieb; in den oben bezeichneten Verhältnissen und Bedingungen werden die Felder immer fruchtbar bleiben und die Familie von fünf Köpfen ernähren können. Wenn die Ursachen, welche eine Wirkung hervorgebracht haben, unverändert wiederkehren, so müssen auch die Wirkungen wiederkehren.

Man sieht leicht ein, dass, wenn der Feldbebauer seinen Stallmist nicht zusammenhält, verwahrlost oder verkauft, oder seine Jauche in die Gassen seines Dorfes und nicht auf seine Felder laufen lässt, so hört dieser Wirthschaftsbetrieb auf „rationell“ zu sein; die Erträge seiner Felder werden zu irgend einer Zeit oder in einer Fruchtgattung fallen müssen.

Die Nationalökonomien haben dargethan, dass zur Bebauung eines solchen Feldbesitzes weniger als die halbe Arbeitskraft der Familie von fünf Köpfen erforderlich ist; sagen wir zur Vereinfachung des Beispiels die Hälfte.

Wenn die Familie demnach die andere Hälfte ihrer Arbeitskraft in Lohnarbeit verwerthet, so versteht man, dass sie sich damit, beim rationellen Betrieb, ein Einkommen verschaffen kann, ausreichend für den Erwerb ihrer anderen Bedürfnisse an Kleidung, Wohnung, Heizung, Werkzeugen und Arzneien; beim nicht rationellen Betrieb wird ein Ausfall nach und nach sich einstellen müssen.

Ein anderes Verhältniss stellt sich ein, wenn eine gleich starke Familie mehr, sagen wir die doppelte Grundfläche bebaut; da sie in diesem Fall nur die eine Hälfte ihrer Erzeugnisse für ihre Ernährung und

ihre ganze Arbeitskraft für deren Anbau verbraucht, so wird sie die zweite Hälfte ihrer Erzeugnisse für den Erwerb ihrer anderen Bedürfnisse veräussern müssen. In der Hälfte ihrer Feldproducte, welche diese Familie an die Städtebevölkerung zum Eintauch von Colonial- und anderen Waaren, Tuch und Schuhwerk, Werkzeugen etc. abgibt, ist aber ein Bruchtheil von der Summe aller Pflanzennährstoffe enthalten, welche der Boden geliefert hatte, und die demnach im Stallmist, wie im ersten Beispiel, nicht wieder gesammelt werden können. Das Düngercapital wird nothwendig um einen Bruchtheil seiner wirksamen Bestandtheile ärmer, d. h. es wird von seiner Fähigkeit, die ursprünglichen Erträge wiederkehren zu machen, verlieren müssen. Wenn der Betrieb in dieser Weise fortgesetzt wird, so wird der Bruchtheil von Jahr zu Jahr grösser werden, und es muss für diesen Feldbesitz der Zeitpunkt kommen, wo die ganze Summe so weit vermindert ist, dass das Feld die darauf verwendete Arbeit nicht mehr lohnt, oder, was das Nämliche ist, den Menschen, der es bebaut, nicht mehr ernährt. Dies ist die zweite Art des Stallmistbetriebes, die auf der Ausraubung des Bodens beruht, und darum Raubbetrieb heisst; es ist dies offenbar kein rationeller Betrieb, da die Felder jährlich an ihrer Fruchtbarkeit verlieren müssen und entwerthet werden. In Beziehung auf den Verlauf und das Ende verhalten sich bei diesem Raubbetrieb alle Feldgüter ganz gleich; ihre Grösse oder ihr Umfang, ihr Reichthum oder ungleicher Gehalt an Nährstoffen kann nur den Zeitpunkt ihrer Entwerthung verändern. Der Raubbetrieb wird selbstverständlich zum rationellen Betrieb, wenn der Feldbebauer von den Städten, denen er seine Producte geliefert hat, oder irgendwo her in der Form von Düngstoffen zurückzuerhalten sucht, was seine Felder verloren haben, und er jedem davon so viel wieder giebt, dass dessen Ertragvermögen wieder hergestellt wird.

Durch Beseitigung einer ungünstigen dem Pflanzenwuchs schädlichen Beschaffenheit des Bodens, durch Drainirung, ferner durch die richtige Wahl und Aufeinanderfolge der dem Gehalt des Bodens entsprechenden Culturgewächse können die Erträge eines Feldes gesteigert werden; ebenso werden schlecht gebaute Felder bei besserer mechanischer Bearbeitung höhere Erträge liefern als vorher; aber diese Mittel, obwohl Merkzeichen des Geschickes und der Kunst des Bebauers, sind keine Beweise eines rationellen Betriebes; denn es wird damit nicht die Summe der Bedingungen der Fruchtbarkeit im Boden und die Dauer der Erträge vermehrt, sondern nur gewisse Bruchtheile mehr von der Summe wirksam gemacht, die es vorher nicht waren. Der Erfolg dieser geschickteren und sorgfältigeren Behandlung des Feldes ist unabweislich der, dass, wenn die Erträge in den ersten Jahren gestiegen sind, die der folgenden in eben dem Verhältniss wieder fallen müssen.

Es ist vollständig unmöglich, durch die Kunst allein die hohen Erträge eines Feldes oder Landes dauernd zu erhalten, dem man jährlich einen Bruchtheil seiner Fruchtbarkeit nimmt, ohne denselben wieder zu

ersetzen, und wenn auch der Ersatz der dem Grundbesitz in den verkauften und ausgeführten Feldfrüchten entzogenen Nährstoffe, so lange die Erträge im Steigen sind, in seiner ganzen Strenge von dem rationellen Wirthschafter nicht gefordert werden darf, so ist dieser Wiederersatz dennoch unbedingt nothwendig von dem Augenblick an, wo die höchsten Erträge durch die Kunst erreicht worden sind, weil von da an die wichtigste Aufgabe darin besteht, sie in ihrer Höhe dauernd zu machen. Da aber das Steigen und Fallen sehr langsam geschieht und in jedem Jahr die Erträge veränderlich sind, und demnach jedes Merkzeichen fehlt, woran man das Maximum erkennen kann und wo der Ersatz beginnen sollte, so legt die Vernunft dem rationellen Landwirth die Pflicht auf: immer und zu jeder Zeit für den Ersatz zu sorgen; in diesem Falle können seine Ernten nicht abnehmen, sondern sie müssen zunehmen oder in ihrer Höhe dauernd bleiben.

Man wird danach begreifen, dass die hohen Erträge eines Feldgutes oder Landes keine Beweise einer rationellen Bewirthschaftung sind, es muss zur richtigen Beurtheilung der letzteren noch etwas hinzugezogen werden, und dies sind auf Thatsachen gestützte Gründe der Vernunft, welche die volle Ueberzeugung geben, dass die hohen Erträge dauernd bleiben müssen. Ebenso lässt sich aus den niederen Erträgen eines Feldgutes oder Landes nur dann auf eine schlechte Bewirthschaftung schliessen, wenn sich durch Gründe der Vernunft und Erfahrung der Beweis liefern lässt, dass sie in Folge der Bewirthschaftung niedrig sind. Ein armes Feld wird niemals die nämlichen guten Ernten liefern können als bei gleicher Behandlung ein reiches Feld, und es kann darum der Bebauer eines armen Bodens ein rationeller Landwirth sein, obwohl seine Ernten sehr viel niedriger sind als die, welche bei ganz schlechter Bewirthschaftung eines reichen Bodens von seinen Nachbarn erhalten werden. Es ist ferner einleuchtend, dass, wenn ein Landwirth Korn und Vieh nach den Städten schickt und verkauft, dies keinen Beweis abgiebt dass er ein reicher Mann sei und seine Felder fruchtbare Felder sind; diese Thatsache beweist zunächst, dass er kein Tagelöhner ist, dann dass er mehr Früchte auf seinem Feldgut erzeugt als er für sich selbst, seine Familie, sein Gesinde etc. verbraucht, und zuletzt, dass er andere Bedürfnisse hat, die er nur in den Städten sich verschaffen kann; auf diese Bedürfnisse würde er verzichten müssen, wenn er sie nicht mit dem Erlös von seinen Producten bezahlen könnte.

Dasselbe gilt natürlich für ein ganzes Land, welches Getreide und Vieh ausführt, die Ausfuhr ist kein Beweis, dass es ein fruchtbares oder reiches Land ist, sondern dass die Bevölkerung im Verhältniss zur Production niedrig ist, dass das Land Bedürfnisse hat, welche im Inland des Klimas oder einer schwach entwickelten Industrie oder anderer äusserer Ursachen wegen nicht befriedigt werden können. Wenn dieses Land kein Getreide und Vieh ausführen könnte, so würde es auf Zucker und Kaffee, auf Eisen und tausend andere Waaren, die es nicht oder in

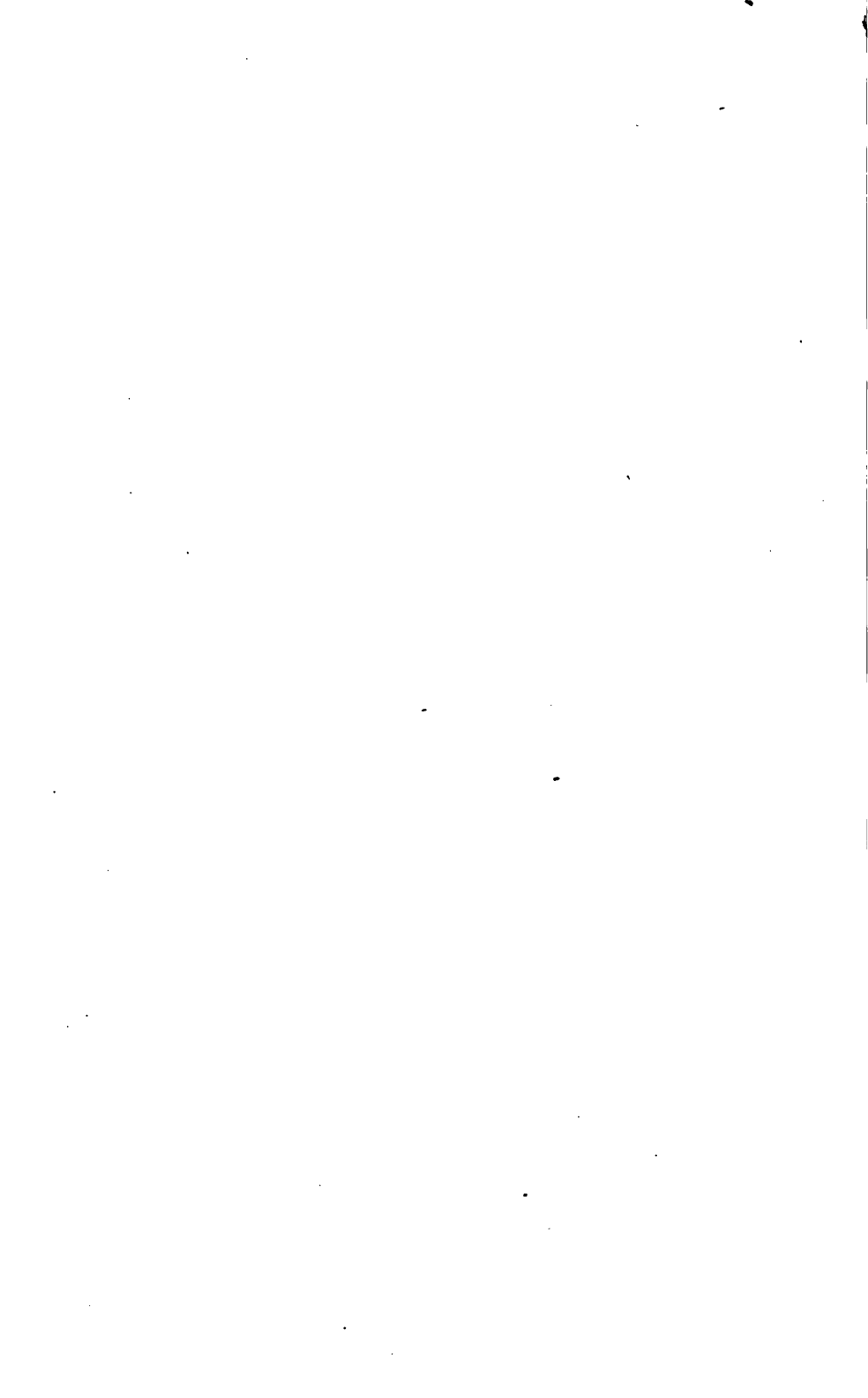
nicht ausreichender Menge hervorbringt, verzichten müssen. Zu diesem Verzicht wird es ganz gegen seinen Willen genöthigt sein, wenn die Bevölkerung im Lande zunimmt, und wenn das Ausland aufhört, diese Producte zu kaufen, weil es dieselben theilweise oder ganz, in Folge von rationeller Bewirthschaftung, selbst zu erzeugen gelernt hat.

Aus dem Vorhergehenden dürfte sich wohl ergeben, dass das einzige Merkzeichen eines guten oder schlechten landwirthschaftlichen Betriebs oder eines rationellen und nicht rationellen Feldbaues in dem Nachweis liegt, dass die Landwirthe in einem Lande, oder die Mehrzahl derselben, das ganz allgemeine Naturgesetz des Ersatzes kennen und danach ihre Felder behandeln: dass sie also wissen, was und wieviel sie in den Producten ihres Feldes an Pflanzennährstoffen ihren Feldern nehmen, und was und wie viel sie ihnen wieder in der Form von Düngstoffen zurückgeben müssen, und die dies auch thun.

Wenn man nun fragt, welche Stoffe im Korn und Vieh dem Boden genommen werden, und die der Feldbebauer vorzugsweise beim Ersatz im Auge haben, d. h. zurückkaufen muss, so ist es wohl selbstverständlich, dass unter allen diejenigen oder derjenige für ihn der wichtigste ist, den der Boden in kleinster Menge enthält, oder der in den Producten in grösster Menge ausgeführt worden ist. Der Kalk gehört z. B. zu den Nähr- und darum auch zu den Düngstoffen, aber in einem Kalkboden ist die vorhandene Menge von Kalk im Verhältniss zu der in den Producten des Feldes entzogenen so gross, dass die Zufuhr oder der Ersatz in der Mehrzahl der Fälle, oder die Sorge für dessen Ersatz in der Regel überflüssig ist. Das Gleiche gilt für das Kali im Thonboden, wogegen im Sand- und Kalkboden, dessen Menge gering ist, und in den Fällen starker Ausfuhr in Form von Kartoffeln, Taback, Rüben muss auf dessen Ersatz Rücksicht genommen werden.

Anders verhält es sich mit der Phosphorsäure; sie ist in den verschiedenen Bodensorten in kleinster Menge zugegen, und ein Bestandtheil aller Feldfrüchte aller Samen, aller Wurzeln, Knollen etc. ohne Unterschied; in grösster Menge in den Samen der Getreidepflanzen und Hülsenfrüchte und namentlich in den Knochen der auf dem Feldgut gezogenen Thiere; diesen Stoff muss demnach ein jeder Landwirth, welcher Früchte ausführt, zurückkaufen und seinem Feld wiedergeben. Wenn er dies thut, so erhalten sich seine Korn- und Futter- und demnach auch seine Fleischerträge; thut er es nicht oder nicht genügend, so stellt sich zu irgend einer Zeit eine Abnahme derselben ein.

Das Gesetz des Ersatzes oder dass die Erscheinungen dann nur wiederkehren oder dauern, wenn die Bedingungen wiederkehren oder sich gleichbleiben, ist das allgemeinste unter den Naturgesetzen; es beherrscht alle Naturerscheinungen in ihrem Wechsel, alle organischen Vorgänge, alles was der Mensch schafft und erzeugt in seinem Gewerbe oder seiner Industrie.



Die

NATURGESETZE DES FELDBAUES.

Die Pflanze.

Um eine klare Einsicht in das landwirthschaftliche Culturverfahren zu gewinnen, ist es nöthig, sich an die allgemeinsten chemischen Bedingungen des Pflanzenlebens zu erinnern.

Die Pflanzen enthalten verbrennliche und unverbrennliche Bestandtheile. Die letzteren sind die Bestandtheile der Aschen, welche alle Pflanzentheile nach dem Verbrennen hinterlassen; die für unsere Culturpflanzen wesentlichsten sind: Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kie-selsäure, Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisen, Kochsalz.

Aus Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure), Schwefel-säure und Wasser entstehen ihre verbrennlichen Bestandtheile.

Aus diesen Stoffen bildet sich im Lebensprocesse der Gewächse der Pflanzenleib, und sie heissen darum Nahrungsmittel; die luftförmigen werden von den Blättern, die feuerbeständigen von den Wurzeln aufgenommen, die ersteren sind häufig Bestandtheile des Bodens und sie verhalten sich dann zu den Wurzeln ähnlich wie zu den Blättern, d. h. sie können auch durch die Wurzeln in die Pflanze gelangen.

Die luftförmigen sind Bestandtheile der Atmosphäre und ihrer Natur nach in beständiger Bewegung; die feuerbeständigen sind bei den Landpflanzen Bestandtheile des Bodens und können den Ort, wo sie sich befinden, nicht von selbst verlassen. Die cosmischen Bedingungen des Pflanzenlebens sind Wärme und Sonnenlicht.

Durch das Zusammenwirken der cosmischen und chemischen Bedingungen entwickelt sich aus dem Pflanzenkeime oder dem Samen die vollkommene Pflanze. In seiner eigenen Masse enthält der Samen die Elemente zur Bildung der Organe, welche bestimmt sind, Nahrung aus der Atmosphäre und dem Boden aufzunehmen; es sind dies stickstoff-haltige, in ihrer Zusammensetzung dem Käsestoff der Milch oder dem

Bluteiweiss ähnliche Stoffe, ferner Stärkemehl, Fett, Gummi oder Zucker und eine gewisse Menge von phosphorsauren Erden und alkalischen Salzen.

Der Mehlkörper des Getreidesamens, die Bestandtheile der Keimblätter der Leguminosen, werden zu Wurzeln und Blättern der entstehenden Pflanze. Lässt man den Samen von Getreide in Wasser keimen und auf einer Glasplatte fortwachsen, welche mit feinen Löchern versehen ist, durch welche die Wurzeln in das Wasser reichen, so wächst das Korn, ohne dass ihm irgend ein unverbrennlicher Nahrungsstoff, oder ein Bodenbestandtheil zugeführt wird, mehrere Wochen lang fort; nach drei bis vier Wochen bemerkt man, dass die Spitze des ersten Blattes anfängt gelb zu werden, und wenn man das Korn jetzt untersucht, so findet man einen leeren Balg, die Stärke ist mit der Cellulose verschwunden (Mitscherlich); die Pflanze stirbt damit nicht ab, sondern es erzeugen sich neue Blätter, häufig ein schwacher Stengel, indem die Bestandtheile der erstgebildeten, abwelkenden Blätter zur Bildung neuer Triebe verwendet werden.

Es gelingt unter günstigen Verhältnissen, Samen mit besonders starken, an Nährsubstanzen reichen Keimblättern, z. B. Bohnen, durch Vegetiren in blossen Wasser zum Blühen, ja zum Ansetzen kleiner Samen zu bringen; allein diese Entwicklung ist meistens nicht mit einer merklichen Zunahme an organischer Masse verbunden, sondern beruht auf einem einfachen Wandern der Samenbestandtheile, sowie auf einem Neubilden derselben, entsprechend der beim Keimprocesse zerstörten Menge.

Die Ernährung ist ein Aneignungsprocess der Nahrung; eine Pflanze wächst, wenn sie an Masse zunimmt, und ihre Masse vermehrt sich, indem sie von aussen Stoffe aufnimmt, die ihrer Natur nach geeignet sind, zu Bestandtheilen des Pflanzenkörpers zu werden und die Thätigkeiten zu unterhalten, welche ihren Uebergang bedingen.

Die Knospe an einer Kartoffelknolle verhält sich zu den Bestandtheilen der Knolle, wie der Keim an einem Getreidesamen zu dem Mehlkörper; indem sie sich zu der jungen Pflanze entwickelt, wird das Stärkemehl, die stickstoffhaltigen und Mineralbestandtheile des Saftes der Knolle zur Bildung der jungen Stengel und Blätter verbraucht. An einer Kartoffel, die in dickem Papier eingewickelt in einer Schachtel in dem chemischen Laboratorium zu Giessen an einem vollkommen dunklen trockenen warmen Orte, wo die Luft nur wenig wechselte, lag, hatte sich aus jeder Knospe ein einfacher, weisser, viele Fuss langer Trieb entwickelt ohne Spur von Blättern, an welchem Hunderte von kleinen Kartoffeln sassen, welche ganz dieselbe innere Beschaffenheit wie die in einem Felde gewachsenen Knollen besassen, die aus Cellulose bestehenden Zellen waren mit Stärkekörnchen angefüllt; es ist gewiss, dass die Stärke der Mutterkartoffel sich nicht fortbewegen konnte, ohne löslich zu werden, aber es kann nicht minder bezweifelt werden, dass in den sich entwickelnden Trieben eine Ursache vorhanden war, welche die in Lösung übergegan-

genen Bestandtheile der Mutterknolle beim Ausschluss aller äusseren Ursachen, welche das Wachsen bedingen, wieder rückwärts in Cellulose und Stärkekörnchen verwandelt hat.

Die Bedingungen zur Entwicklung eines Samenkeims sind Feuchtigkeit, ein gewisser Wärmegrad und Zutritt der Luft; beim Ausschluss von einer dieser Bedingungen keimt der Same nicht. Durch den Einfluss der Feuchtigkeit, welche der Same einsaugt und durch welche er anschwillt, stellt sich ein chemischer Process ein; einer der stickstoffhaltigen Bestandtheile des Samens wirkt auf die anderen und das Stärkemehl und macht sie in Folge einer Umsetzung ihrer Elementartheilchen löslich, aus dem Kleber entsteht Pflanzeneiweiss, aus dem Stärkemehl und Oel entsteht Zucker. Wenn der Sauerstoff der Luft hierbei ausgeschlossen ist, so gehen diese Veränderungen nicht, oder in anderer Weise vor sich; in Wasser untergetaucht oder in einem Boden mit stehendem Wasser, welches den freien Zutritt der Luft abschliesst, entwickelt sich der Blattkeim der Landpflanzen nicht. Aus diesem Grunde erhalten sich manche Samen, welche tief in der Erde, oder dem Schlamme von Morästen liegen, viele Jahre, ohne zu keimen, obwohl Feuchtigkeit und Temperatur günstig sind. Häufig bedeckt sich die Erde aus Morästen, an die Luft gebracht oder aus dem tiefen Untergrund aufgepflügt, mit einer Vegetation aus Samen, welche zu ihrer Entwicklung des freien Zutritts der Luft bedurften. Bei einer niederen Temperatur wird der Antheil, den die Luft an dem Keimungsprocess nimmt, aufgehoben oder verlangsamt, beim Steigen derselben und hinlänglichem Wasserzutritt werden die chemischen Umwandlungen im Samen beschleunigt. Kein Same keimt unter 0°, ein jeder bei einer bestimmten Temperatur, daher in bestimmten Jahreszeiten. Die Samen von *Vicia faba*, *Phaseolus vulgaris* und des Mohns verlieren bei 35° getrocknet ihre Keimkraft, die von Gerste, Mais, Linse, Hanf und Lattich behalten sie dabei, und Weizen, Roggen, Wicke und Kohl behalten sie noch bei 70°.

Während des Keimens wird Sauerstoff aus der Luft in der Umgebung des Samens aufgenommen und ein gleiches Maass Kohlensäure entwickelt.

Wenn man Samen in Gläsern keimen lässt, auf deren inneren Seite ein Streifen von Lackmuspapier befestigt ist, so wird dieses durch ausschwitzende Essigsäure geröthet, oft in ganz kurzer Zeit; am stärksten und raschesten fand die Entwicklung von freier Säure statt beim Keimen von Cruciferen, Kohl, Rüben (Becquerel, Edwards). Sicher ist, dass der flüssige Zelleninhalt der Wurzeln, sowie der Saft der meisten Pflanzen sauer reagirt, von einer nicht flüchtigen Säure; der Saft junger Frühlingstrieb vom Weinstock giebt beim Abdampfen eine reichliche Krystallisation von saurem weinsaurem Kali.

Die Versuche von Decandolle und Macaire zeigen, dass starke Pflanzen von *Chondrilla muralis* sowie von *Phaseolus vulgaris*, die man, nachdem sie mit ihren Wurzeln aus der Erde genommen, in Wasser

vegetiren liess, nach acht Tagen dem Wasser eine gelbliche Farbe, einen opiumartigen Geruch und herben Geschmack ertheilten, während die Wurzel an dem Stengel abgeschnitten und beide in Wasser gestellt an das Wasser keine von den Substanzen abgaben, welche die ganze Pflanze abgegeben hatte. Nach Knöp geben Pflanzen, welche mit unverletzten Wurzeln in destillirtem Wasser sich befinden, an dieses nur Spuren von Kalk und Magnesia, und von organischen Stoffen vorzugsweise stickstoffhaltige Körper ab.

Lattich und andere Pflanzen, die man, aus der Erde genommen, mit ihren durch Waschen vorher gereinigten Wurzeln in blauer Lackmustinctur vegetiren lässt, wachsen darin fort und zwar, wie es scheint, auf Kosten der Bestandtheile der unteren Blätter, welche abwelken; nach drei bis vier Tagen färbt sich die Lackmustinctur roth und die Röthung verschwindet beim Kochen, die Wurzeln hatten Kohlensäure abgesondert; bleiben die Pflanzen länger in der Lackmustinctur stehen, so zersetzt sie sich und wird farblos, während sich der Farbstoff, in Flocken abgeschieden, um die Wurzelfasern anlegt.

Von der ersten Bewurzelung einer Pflanze hängt unter sonst gleichen Umständen ihre Entwicklung ab und es ist darum die Wahl der geeigneten Samen für die künftige Pflanze von der grössten Wichtigkeit. Unter den Körnern derselben Weizensorte, welche im nämlichen Jahre und auf demselben Boden geerntet worden ist, bemerkt man grosse und kleine Körner und unter beiden solche, welche beim Zerbrechen eine mehligte, während andere eine hornige Beschaffenheit zeigen; die einen sind vollkommener, die anderen weniger vollkommen ausgebildet. Dies rührt daher, dass auf demselben Felde nicht alle Halme gleichzeitig Aehren treiben und blühen, und dass viele derselben Samen ansetzen, die in ihrer Reife anderen weit voran sind; die Samen der einen bilden sich selbst in ungünstiger Witterung vollkommener aus wie die der anderen Pflanzen. Ein Gemenge von Samen, welche ungleich in ihrer Ausbildung sind, oder welche ungleiche Mengen von Stärkemehl, Kleber und unorganischen Stoffen enthalten, geben gesäet eine Vegetation, welche ebenso ungleich wie die frühere, von der sie stammen, in ihrer Entwicklung ist. Dagegen zeigen die Keimpflanzen gleich schwerer, und gleich gut ausgebildeter Samen in ihrer anfänglichen Bewurzelung und oberirdischen Entfaltung keine Verschiedenheit.

Die Stärke und Anzahl der Wurzeln und Blätter, die sich beim Keimungsprocesse bilden, stehen in Beziehung auf ihre stickstofffreien Bestandtheile im Verhältniss zu dem Reichthum an Stärkemehl im Samen, aus welchem sie entstehen. Ein an Stärkemehl armer Same keimt in ähnlicher Weise, wie ein daran reicher, bis aber der erstere eben soviel oder ebenso starke Wurzeln und Blätter in Folge von Nahrungsaufnahme von aussen gebildet hat, ist die Pflanze, die aus dem stärkemehlreicheren Samen entstand, um ebenso viel voran; ihre Nahrung aufnehmende Ober-

fläche ist von Anfang an grösser geworden und ihr Wachsthum steht damit im Verhältniss.

Verkrüppelte oder in ihrer Ausbildung verkümmerte Samen geben verkümmerte Pflanzen und liefern Samen, welche zum grossen Theil denselben Charakter an sich tragen.

Dem Gärtner und Blumenzüchter ist die naturgesetzliche Beziehung der Beschaffenheit des Samens zur Hervorbringung einer Pflanze, welche die vollen, oder nur gewisse Eigenschaften ihrer Art an sich trägt, ebenso bekannt wie dem Viehzüchter, welcher zur Fortpflanzung und Vermehrung nur die gesündesten und die zu seinen Zwecken bestausgebildeten Thiere wählt. Der Gärtner weiss, dass die in einer Schote von einer *Leykoyen*pflanze eingeschlossenen platten und glänzenden Samen hochaufgeschossene Pflanzen mit einfachen, und die runzelichen, wie verkrüppelt aussehenden Körner niedere Pflanzen mit durchweg gefüllten Blumen liefern.

Durch den Einfluss des Bodens und des Klimas entstehen die verschiedenen Abarten, welche gleich Racen gewisse Eigenthümlichkeiten in sich tragen und durch die Samen beim Gleichbleiben der Bedingungen sich fortpflanzen; in einem anderen Boden oder in anderen klimatischen Verhältnissen verliert die Abart wieder eine oder die andere ihrer Eigenthümlichkeiten.

Der Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Erzeugung von Varietäten zeigt sich am häufigsten bei Samen, welche unverdaut durch den Darmcanal der sie fressenden Thiere hindurchgehen und welche eine verschiedenartige Düngung empfangen, je nachdem sie zugleich mit den verschiedenen Excrementen verschiedener Thiere dem Boden zurückgegeben werden, wie z. B. bei *Byrsonima verbascifolia* (v. Martius).

In der Wahl der Saatfrüchte oder Samen ist die Berücksichtigung des Bodens und Klimas, von dem sie stammen, immer von Wichtigkeit. Für einen reichen Boden hält man in England Weizensamen von einem armen vorzugsweise geeignet, und der Rübsamen aus kälteren Gegenden oder Lagen giebt in wärmeren sichere Ernten. Der Kleesame und Hafer aus Gebirgsländern wird dem aus Ebenen vorgezogen. Der Weizen aus Odessa und aus dem Banat (Ungarn) wird auch in kälteren Gegenden geschätzt. Am Oberrhein beziehen die Landwirthe ihren Hanfsamen aus Bologna und Ferrara.

Ebenso legen viele deutsche Landwirthe, zur Erzielung hochaufgeschossener gleich hoher Flachspflanzen auf den Leinsamen aus Kur- und Livland einen besonderen Werth, wo die Boden- und klimatischen Verhältnisse, namentlich ein kurzer warmer Sommer, die Blüthe- und Fruchtperiode mehr zusammendrängt, so dass die Blüthen gleichzeitig und gleichmässig befruchtet werden und reifen und vollkommenen Samen bilden.

Der Einfluss der Witterung zur Zeit der Blüthe auf die Samenbildung ist Jedermann bekannt. Wenn nach dem Beginn der Blüthe

durch eintretende kalte Witterung oder Regen die Entwicklung des Blütenstandes verlängert wird, so setzen die später befruchteten Blüten keine Samen an, weil die hierzu nöthige Nahrung von den zuerst befruchteten zu ihrer Ausbildung verwendet wird und es lohnen manche Pflanzen die Cultur überhaupt nicht, wenn die ausreifenden (klimatischen) Verhältnisse nur Theile des Blütenstandes, nicht aber die ganze Pflanze zum Abschluss bringen.

Auch bei dem Hafer entwickeln sich häufig aus den Blattachseln bei warmer und feuchter Witterung Seitenzweige, während am Hauptstamm sich schon Aehren bilden, woher es kommt, dass am Ende der Vegetationszeit die Pflanze reife und unreife Samen trägt.

Der Boden übt durch seine Lockerheit und Festigkeit, durch sein specifisches Gewicht und seinen Nährstoffgehalt einen Einfluss auf die Bewurzelung aus. Die feinen, oft mit Korksubstanz bekleideten Wurzelfasern verlängern sich, indem sich an ihrer Spitze neue Zellen bilden, und müssen einen gewissen Druck ausüben, um sich einen Weg durch die Erdtheilchen zu bahnen; in allen Fällen verlängert sich die Wurzelfaser in der Richtung hin, wo sie den schwächsten Widerstand zu überwinden hat, und die Verlängerung der Wurzelfaser setzt nothwendig voraus, dass der Druck, mit dem die sich bildenden Zellen die Erdtheile auf die Seite schieben, um etwas grösser ist, als ihr Zusammenhang. Nicht bei allen Pflanzen ist die Kraft, mit welcher ihre Wurzelfasern den Boden durchdringen, gleich stark. Pflanzen, deren Wurzeln aus sehr feinen Fasern bestehen, entwickeln sich in einem zähen, schweren Boden nur unvollkommen, in welchem andere, welche starre und dickere Wurzelfasern zu bilden vermögen, mit Ueppigkeit gedeihen. Der Widerstand, den der Boden der Verbreitung der letzteren entgegensetzt, ist zunächst der Grund ihrer Verstärkung. Die Unterschiede in der Bewurzelung der in einem Torfboden von 0,32 bis 0,33 specif. Gew. und in Sandboden von 1,1 bis 1,2 specif. Gew. wachsenden Pflanzen sind unter sonst gleichen Umständen überraschend. Im Torfboden bildet sich ein wahrer Filz von dünnen und feinen Wurzelfasern, dagegen sind im Sandboden dieselben weniger zahlreich und viel derber und deshalb ihre Oberfläche eine viel geringere.

Unter den Getreidearten bildet der Weizen bei einer verhältnissmässig schwachen Wurzelverzweigung in der Ackerkrume die stärksten Wurzeln, welche oft mehrere Fuss tief in den Untergrund eindringen; eine gewisse Festigkeit der Bodenoberfläche ist seiner Wurzelentwicklung günstig. Es sind Fälle bekannt, wo Stücke eines Weizenfeldes im Winter durch Pferde so sehr zusammengetreten waren (was in den Fuchsjagddistricten Englands nicht ungewöhnlich ist), dass eine jede Spur von einer Weizenpflanze zerstört war, während die Ernte gerade auf diesem Stücke im folgenden Jahre die der anderen weit übertraf. Einen solchen Eingriff kann offenbar nur eine Pflanze bestehen, deren Hauptwurzeln sich in den tieferen Schichten der Ackerkrume abwärts verbreiten. Die

Haferpflanze steht in Beziehung auf die Wurzelentwicklung und deren Fähigkeit, den Boden zu durchdringen, der Weizenpflanze am nächsten, sie gedeiht in einem Boden von einer gewissen Festigkeit, da aber ihre Wurzeln auch in der obersten Bodenschicht eine Menge ernährnde seitliche feine Verzweigungen bilden, so muss diese eine gewisse Lockerheit besitzen; ein offener loser Lehm Boden, auch wenn er nur eine geringe Tiefe besitzt, ist vorzugsweise für die Gerste geeignet, welche ein Wurzelbündel von feinen, verhältnissmässig kurzen Fasern bildet. Die Erbsen verlangen einen lockeren, wenig zusammenhängenden Boden, welcher der Verbreitung ihrer weichen Wurzeln auch in tieferen Schichten günstig ist, während die starken holzigen Wurzeln der Saubohnen auch in einem strengen und festeren Boden nach allen Richtungen hin sich verzweigen. Klee und die Samen von Gräsern oder überhaupt solche, welche eine geringe Masse besitzen, treiben im Anfang schwache Wurzeln von geringer Ausdehnung und bedürfen um so mehr Sorgfalt in Beziehung auf die Zubereitung des Bodens, um ihr gesundes Wachsthum zu sichern. Der Druck einer Erdschicht von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Dicke bewirkt schon, dass der ins Land gebrachte Same sich nicht mehr entwickelt. Die Erde, welche den Samen bedeckt, muss eben nur hinreichen, um die zum Keimen nöthige Feuchtigkeit zurückzubalten. Man findet es darum vortheilhaft, den Klee gleichzeitig mit einer Kornpflanze einzusäen, welche früher und rascher sich entwickelt und deren Blätter die junge Kleepflanze beschatten und sie vor der allzustarken Einwirkung des Sonnenlichts schützen, wodurch sie mehr Zeit zur Ausbreitung und Entwicklung ihrer Wurzeln gewinnt. Die Beschaffenheit der Wurzeln¹⁾ der Rüben und Knollengewächse deutet schon die Orte im Boden an, von denen aus sie die Hauptmasse ihrer Bodennahrung empfangen; die Kartoffeln bilden sich in den obersten und mittleren Schichten der Ackerkrume, die Wurzeln der Runkelrübe und Turnipsarten verzweigen sich tief in den Untergrund, sie gedeihen am Besten in einem lockeren tiefgrundigen, aber auch in einem von Natur strengen und zusammenhängenden Boden, wenn derselbe eine gehörige Vorbereitung empfangen hat; unter den Turnipsarten zeichnet sich die schwedische Varietät vor anderen durch die grössere Anzahl von Wurzelfasern aus, die der Wurzelstock in die Erde sendet, und die Mangoldwurzel mit ihren starken, mehr holzigen Wurzelfasern ist noch besser wie die schwedische Turnips für den schweren Lehm Boden geeignet.

Ueber die Länge der Wurzeln hat man nur eine geringe Zahl von Beobachtungen gemacht. In einzelnen Fällen zeigte sich, dass die Luzerne bis 30 Fuss, der Raps über 5, der Klee über 6 Fuss, die Lupine über 7 Fuss lange Wurzeln treiben.

Die Bekanntschaft mit der Bewurzelung der Gewächse ist die Grund-

¹⁾ Unter Wurzeln sind hier und in dem Folgenden stets die unterirdischen Organe der Pflanzen verstanden.

lage des Feldbaues; alle Arbeiten, welche der Landwirth auf seinen Boden verwendet, müssen genau der Natur und Beschaffenheit der Wurzel der Gewächse angepasst sein, die er cultiviren will; für die Wurzel vermag er allein Sorge zu tragen, auf das, was sich daraus entwickelt, kann er keinen Einfluss mehr ausüben, und er ist darum nur des Erfolges seiner Bemühungen versichert, wenn er den Boden in der rechten Weise für die Entwicklung und Thätigkeit der Wurzeln zubereitet hat. Die Wurzel ist nicht bloss das Organ, durch welches die wachsende Pflanze die zu ihrer Zunahme nothwendigen unverbrennlichen Elemente aufnimmt, sondern sie ist in einer anderen nicht minder wichtigen Function dem Schwungrade an einer Maschine gleich, welches die Arbeit derselben regelt und gleichförmig macht, in ihr speichert sich das Material an, um den Bedürfnissen der Pflanze je nach den äusseren Anforderungen der Wärme und des Lichtes das zu dem Abschluss der Lebensacte nöthige Material zu liefern.

Alle Pflanzen, welche den Landschaften ihren eigenthümlichen Charakter verleihen und die Ebenen und Bergabhänge mit dauerndem Grün bekleiden, besitzen je nach der geologischen oder physikalischen Beschaffenheit des Bodens eine für ihre Dauer und Verbreitung wunderbar angepasste Wurzelentwicklung.

Während sich die jährigen Gewächse nur durch Samen fortpflanzen und vermehren und immer eine wahre Wurzel haben, die sich an ihrer Einfachheit, Knospenlosigkeit und verhältnissmässig nicht weit austreichenden Befaserung erkennen lässt, verjüngen und verbreiten sich die Rasen- und Wiesenpflanzen durch Wurzelausschläge von einer besonderen Beschaffenheit, und es ist bei vielen die Verbreitung unabhängig von der Samenbildung.

Ähnlich wie die, sehr rasch grosse Bodenflächen bedeckende Erdbeere über dem Wurzelknoten neben dem Hauptstengel Nebenstengel entwickelt, die als dünne Ranken auf der Erde hinkriechen und an gewissen Stellen Knospen und Wurzeln treiben, die sich zu selbstständigen Individuen entwickeln, verbreiten sich die dauernden Unkrautpflanzen, zu denen die Wiesen- und Rasenpflanzen hier gerechnet sind, durch entsprechende unterirdische Organe. Die Kriechwurzeln der Quecken (*Triticum repens*), des Sandroggens (*Elymus arenarius*), des Wiesenklees (*Trifolium pratense*), des Leinkrauts (*Linaria vulgaris*) verbreiten durch Wurzelausschläge die Pflanze nach allen Richtungen von der Mutterpflanze. Das Wiesenrispengras (*Poa pratensis*) pflanzt sich durch einen Mutterstock fort, der aus wahren Wurzeln, aus angewurzelten Rankensprossen und Kriechtrieben besteht; das Raigras (*Lolium*) bestockt sich auf festem Boden durch Wurzelausschläge, auf lockerem durch Rasentriebe. Das Lieschgras (*Phleum*) sieht man bald knollig, bald vielköpfig zum Kriechen und zur Mutterstockbildung geneigt. Das Timothygras bestockt sich schon im ersten Jahre und bildet im zweiten bald knollige, bald vielköpfige Mutterstöcke, welche Kriechtriebe nach allen Richtungen

aussenden; in gleicher Weise verbreitet sich das Wiesenrispengras theils durch knospende Kriechtriebe, theils durch Rankensprossen.

Die Vergleichung der Lebensacte der einjährigen, zweijährigen und dauernden Pflanze zeigt, dass die organische Arbeit in der dauernden vorzugsweise auf die Wurzelbildung gerichtet ist.

Der im Herbst in die Erde gebrachte Same der Spargelpflanze entwickelt vom Frühling an bis Ende Juli des nächsten Jahres, in einem fruchtbaren Boden, eine etwa fusshohe Pflanze, deren Stengel, Zweige und Blätter von da an keine weitere Zunahme wahrnehmen lassen. Von eben diesem Zeitpunkte an bis zum August würde die jährige Tabackspflanze einen mehrere Fuss hohen, mit zahlreichen breiten Blättern besetzten Stengel, die Rübenpflanze eine breite Blätterkrone entwickelt haben.

Der in der Spargelpflanze eingetretene Stillstand im Wachsthum ist aber nur scheinbar, denn von dem Augenblicke an, wo ihre äusseren Organe der Ernährung entwickelt sind, nimmt die Wurzel an Umfang und Masse in weit grösserem Verhältniss zu den oberirdischen Organen als wie bei der Tabackspflanze zu. Die Nahrung, welche die Blätter aus der Luft und die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen haben, wandert, nachdem sie sich zu Bildungstoffen umgewandelt hat, den Wurzeln zu und es sammelt sich in ihnen nach und nach ein solcher Vorrath davon, dass die Wurzel im darauf folgenden Jahre aus sich selbst heraus, und ohne einer Zufuhr von Nahrung aus der Atmosphäre zu bedürfen, das Material zum Aufbau einer neuen vollkommenen Pflanze, mit einem um die Hälfte höheren Stengel und einer vielmal grösseren Anzahl von Zweigen und Blättern liefern kann, deren organische Arbeit während des zweiten Jahres wieder in der Erzeugung von Producten aufgeht, die sich in der Wurzel ablagern und, dem grösseren Umfange der Ernährungsorgane entsprechend, in weit grösserer Menge anhäufen, als sie abgegeben hat.

Dieser Vorgang wiederholt sich im dritten und vierten Jahre und im fünften und sechsten ist das in den Wurzeln bestehende Magazin ausgiebig genug geworden, um im Frühling bei warmer Witterung drei, vier und mehr fingerdicke Stengel zu treiben, die sich in zahlreiche, mit Blättern bedeckte Aeste verzweigen.

Die vergleichende Untersuchung der grünen Spargelpflanze und ihrer im Herbst absterbenden Stengel scheint darauf hinzudeuten, dass am Ende ihrer Vegetationszeit der Rest der in den oberirdischen Organen noch vorhandenen löslichen, oder der Lösung fähigen und für eine künftige Verwendung geeigneten Stoffe abwärts nach der Wurzel wandert; die grünen Pflanzentheile sind verhältnissmässig reich an Stickstoff, an Alkalien und phosphorsauren Salzen, die in den abgestorbenen Stengeln nur in geringer Menge nachweisbar sind. Nur in den Samen bleiben verhältnissmässig grosse Mengen von phosphorsauren Erden und Alkalien

zurück, offenbar nur der Ueberschuss, den die Wurzeln für das künftige Jahr nicht weiter bedürfen.

Die unterirdischen Organe der dauernden Pflanzen sind die sparsamen Sammler aller für gewisse Functionen nothwendigen Lebensbedingungen; wenn es der Boden gestattet, so nehmen sie immer mehr ein, als sie ausgeben, sie geben niemals alles aus, was sie eingenommen haben; ihre Blüthe und Samenbildung tritt dann ein, wenn sich ein gewisser Ueberschuss von phosphorsauren Salzen in der Wurzel angesammelt hat, den sie abgeben kann, ohne ihr Bestehen zu gefährden; durch eine reichliche Zufuhr von Nahrungsstoffen vermittelt Dünger wird die Entwicklung der Pflanze nach der einen oder anderen Richtung hin beschleunigt. Aschendüngung ruft aus der Grasnarbe die kleeartigen Gewächse hervor, bei einer Düngung mit saurem phosphorsaurem Kalk entwickelte sich Halm an Halm französisches Raigras.

Bei allen dauernden Pflanzen überwiegen die unterirdischen Organe an Umfang und Masse in der Regel bei weitem die der jährigen Gewächse. Die letzteren verlieren in jedem Jahre ihre Wurzeln, während die perennirende Pflanze sie behält, bereit in jeder günstigen Zeit zur Aufnahme und Vermehrung ihrer Nahrung.

Der Umkreis, aus welchem die perennirende Pflanze ihre Nahrung empfängt, erweitert sich von Jahr zu Jahr; wenn ein Theil ihrer Wurzeln an irgend einer Stelle nur wenig Nahrung vorfindet, so ziehen andere ihren Bedarf von anderen daran reicheren Stellen.

Nur der kleinste Theil der Pflanzen auf einem Rasenstück einer dicht bestandenen Wiese bildet Halme, die meisten nur Blätterbüschel; manche ist Jahre lang auf unterirdische Sprossenbildung beschränkt.

Für die dauernden Wiesen- und Rasenpflanzen ist die Bildung unterirdischer Sprossen von der grössten Bedeutung, weil durch sie die Pflanze mit Nahrung versehen wird in einer Zeit, wo Mangel an Zufuhr das Leben des einjährigen Gewächses gefährden würde.

Ein guter Boden und die anderen Bedingungen des Pflanzenlebens wirken auf die perennirende Pflanze nicht minder günstig als auf die einjährige ein, allein ihre Entwicklung hängt nicht in demselben Grade von zufälligen und vorübergehenden Witterungsverhältnissen ab; in ungünstigen Verhältnissen wird ihr Wachsthum der Zeit nach zurückgehalten; sie vermag die günstigen abzuwarten und während in ihrem Wachsthum einfach ein Stillstand eintritt, hat das einjährige Gewächs die Grenze seines Lebens erreicht und stirbt ab.

Die Dauer und Sicherheit der Erträge unserer Wiesen unter abwechselnden Witterungs- und Bodenverhältnissen liegt in der grossen Anzahl von Pflanzen, die sich auf einer niederen Stufe ihrer Entwicklung zu erhalten vermögen. Während die eine Pflanzenart sich nach aussen entwickelt, blüht und Samen trägt, sammelt eine zweite und dritte abwärts die Bedingungen eines gleichen zukünftigen Gedeihens; die eine scheint zu verschwinden und einer zweiten und dritten Platz zu machen, bis

auch für sie die Bedingungen einer vollkommenen Entwicklung wieder-gekehrt sind.

Die Holzpflanzen wachsen und entwickeln sich in ganz ähnlicher Weise wie die Spargelpflanze, mit dem Unterschiede jedoch, dass sie am Ende ihrer Vegetationsperiode ihren Stamm nicht verlieren. Ein Eichstämmchen von $1\frac{1}{2}$ Fuss Höhe zeigte eine Wurzel von über 3 Fuss Länge. Der Stamm selbst dient mit der Wurzel als Magazin für den zur vollen Wiederherstellung aller äusseren Organe der Ernährung im künftigen Jahre aufgespeicherten Bildungsstoff. Abgehauene Stämme von Linden, Erlen oder Weiden, wenn sie an schattigen und feuchten Orten liegen, schlagen häufig nach Jahren noch aus und treiben viele fusslange mit Blättern besetzte Zweige.

In den Pausen, welche im Samentragen der Waldbäume eintreten, verhalten sie sich ähnlich wie die grösste Anzahl der perennirenden Gewächse, die, auf einem kargen Boden wachsend, die zur Fruchtbildung nothwendigen Bedingungen nur in mehrjährigen Fristen anzusammeln vermögen (Sendtner, Ratzeburg).

Der Verlust an unorganischen Nahrungsstoffen, den die Laubbölzer durch das Abwerfen der Blätter erleiden, ist gering. Wenn die Blätter ihre volle Ausbildung erreicht haben, so füllen sich die Rindenzellen mit einer reichlichen Menge von Stärkemehl an, während dieses aus den Zellen des Blattstiels vollständig verschwindet (H. Mohl). Schon geraume Zeit vor dem Abfallen der Blätter tritt eine beträchtliche Abnahme ihrer Saftfülle ein, während die Rinde der Zweige um diese Zeit oft auffallend von Saft strötzt (H. Mohl). Dieses steht in völliger Uebereinstimmung mit den Resultaten, welche die Untersuchung der Buchenblätter in verschiedenen Altersstadien ergab. Die Blätter vermehrten, nachdem sie ihre normale Grösse erreicht hatten, ihr Gewicht nicht mehr, wohl änderte sich aber ihre Zusammensetzung. Was sie producirten, ging in die überdauernden Organe (Stamm und Wurzel), ja dasselbe geschah gegen Ende ihrer Vegetationsperiode noch mit dem Reste ihrer löslichen Bestandtheile. Kurz vor ihrer Farbeänderung nahmen die Herbstblätter bedeutend an Gewicht ab. Die Analyse der Asche zeigte, dass der Alkali- und Phosphorsäuregehalt der Blätter von Anfang bis zu Ende der Vegetationsperiode fortwährend ab-, der Kalk- und Kieselsäuregehalt fortwährend zunahm.

Eine ähnliche Rückleitung der Assimilationsproducte scheint bei den Gräsern stattzuhaben; wenn durch die steigende Hitze des Sommers die Blätter abwelken, so zeigt die chemische Analyse in den gelb gewordenen Blättern kaum noch Spuren von Stickstoff, von phosphorsauren Salzen und Alkalien an, sowie dann der Instinct der Thiere jede Art von abgefallenen Blättern als Nahrungsmittel verschmäht.

In der ein- und zweijährigen Pflanze geht die organische Arbeit in der Samen- und Fruchterzeugung auf, mit welcher die Thätigkeit der

Wurzel ihr Ende erreicht; die Samenerzeugung ist bei den dauernden eine mehr zufällige Bedingung ihres Fortbestehens.

Die zweijährige Pflanze kann mehr Zeit als die einjährige auf die Ansammlung des nothwendigen Materials für die Samen- und Fruchtbildung und damit für den Abschluss ihres Lebens verwenden, aber die Periode, in welcher dies geschieht, hängt von zufälligen Witterungsverhältnissen und von der Beschaffenheit des Bodens ab.

Das einjährige Gewächs bildet sich in seinen Theilen gleichmässig aus; die täglich aufgenommene Nahrung wird zur Vergrösserung der ober- und unterirdischen Organe verwendet, die in eben der Zeit mehr aufnehmen, als ihre aufsaugende Oberfläche sich vergrössert hat. Mit ihrem Wachsen vermehren sich die in der Pflanze selbst liegenden Bedingungen zum Wachsen, welche in eben dem Verhältnisse sich wirksam zeigen, als die äusseren Bedingungen günstig sind.

Die Entwicklung des zweijährigen Wurzelgewächses zerfällt deutlich in drei Perioden; in der ersten bilden sich vorzugsweise die Blätter, in der zweiten die Wurzeln aus, in denen sich die zur Entwicklung der Blüthe und Frucht in der dritten Periode dienenden Stoffe anhäufen.

Die Untersuchung der Turnipsrübe von Anderson in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung giebt ein anschauliches Bild der ungleichen Richtungen der Thätigkeit eines zweijährigen Gewächses (Journal of agric. and transactions of the highland soc. No. 68 und No. 69 new series 5).

Diese Versuche erstreckten sich auf die Bestimmung der Pflanzenmasse der auf einem Acre Feld gewachsenen Rübenpflanzen. Sie wurden in vier Wachstumszeiten oder Stadien geerntet, die ersten am 7. Juli, dann am 11. August, 1. September und 5. October; die folgende Tabelle enthält das Gewicht der Blätter und Wurzeln in Pfunden, auf 1 Acre berechnet, am Ende der verschiedenen Stadien.

| Gewicht der geernteten | | | |
|------------------------|----------|----------|------------|
| | | Blätter. | Wurzeln. |
| I. Ernte in | 32 Tagen | 219 | 7,2 Pfd. |
| II. " " | 67 " | 12 793 | 2 762 " |
| III. " " | 87 " | 19 200 | 14 400 " |
| IV. " " | 122 " | 11 208 | 36 792 " |

Diese Verhältnisse der erzeugten Blätter- und Wurzelmasse zeigen, dass in der ersten Hälfte der Vegetationszeit (67 Tage) die organische Arbeit in der Rübenpflanze vorzugsweise auf die Herstellung und Ausbildung der äusseren Organe gerichtet ist.

Vom 7. Juli an bis zum 11. August nehmen die Pflanzen in 35 Tagen um 12 574 Pfund Blätter und 2755 Pfund Wurzeln zu, oder tägliche Zunahme:

| | |
|------------|-----------|
| Blätter. | Wurzeln. |
| 359 Pfund. | 78 Pfund. |

In diesem Stadium war die Blattbildung in dem Verhältniss vorherrschend, dass von 11 Gewichtstheilen der aufgenommenen Nahrung 9 Gewichtstheile in die Form von Blättern und nur 2 Gewichtstheile in die Form von Wurzeln verwandelt wurden.

Ein ganz anderes Verhältniss zeigt sich in dem dritten Stadium, in welchem das Gewicht der Blätter sich in 20 Tagen um 6507 Pfund, das der Wurzeln um 11 638 Pfund vermehrt hatte, oder:

| Blätter. | Wurzeln. |
|------------------------------|------------|
| Tägliche Zunahme: 325 Pfund. | 582 Pfund. |

In diesem dritten Stadium nehmen die Pflanzen etwas mehr wie doppelt so viel Nahrung auf, als an einem Tage des vorangegangenen Stadiums, und es muss diese steigende Zunahme im Verhältniss stehen zu der täglich sich vergrößernden Wurzel- und Blattoberfläche, aber die aufgenommene Nahrung vertheilte sich in der Pflanze in ganz anderer Weise. Von 25 Gewichtstheilen der aufgenommenen und verarbeiteten Nahrung blieben nur 9 Gewichtstheile in den Blättern, die übrigen 16 Gewichtstheile dienten zur Vergrößerung der Wurzelmasse.

In eben dem Grade, als die Blätter der Grenze ihrer Entwicklung sich näherten, nahm ihr Vermögen ab, die übergegangene Nahrung zu ihrem weiteren Aufbau zu verwenden, und sie lagerte sich, in Bildungsstoffe verwandelt, in den Wurzeln ab. Die nämlichen Nahrungsstoffe, die, so lange die Blättermasse zunahm, zu Blättern wurden, wurden jetzt zu Wurzelbestandtheilen.

Dieses Wandern der Blätterbestandtheile und ihr Uebergang in Wurzelbestandtheile scheint sich in dem vierten Stadium am deutlichsten zu zeigen. Das Totalgewicht der Blätter, welches am 1. September noch 19 200 Pfund betrug, verminderte sich um 7992 Pfund oder in 35 Tagen täglich um 228 Pfund, oder von 34 Blättern starben 10 ab, während die Wurzeln im Ganzen um 22 392 Pfund oder täglich um 640 Pfund, also mehr noch als an einem Tage der vorhergegangenen Wachstumszeit zunahmen.

Mit der Temperatur und dem einwirkenden Sonnenlicht im vorschreitenden Herbste nahm offenbar die organische Thätigkeit der Blätter ab, und etwas mehr als ein Drittel des ganzen Vorrathes des darin angehäuften Bildungsmaterials wanderte in den Wurzelstock und häufte sich darin für eine künftige Verwendung an.

Vergleicht man die tägliche Einnahme an Stickstoff, Phosphorsäure, Kali, Kochsalz und Schwefelsäure in den letzten 90 Tagen der auf 1 Acre Feld wachsenden Rübenpflanzen, so ergibt sich aus Anderson's Versuchen, dass sie aufgenommen haben an jedem Tag:

| Einnahme der ganzen Pflanze an einem Tag | | | | |
|--|--------------|--------------|-------------|----------------|
| | der zweiten, | der dritten, | der vierten | Wachstumszeit. |
| Pflanzenmasse | 437 | 907 | 411 | Pfund |
| Stickstoff. . . . | 1,15 | 0,695 | 1,21 | " |
| Phosphorsäure | 0,924 | 1,10 | 1,25 | " |
| Kali | 1,41 | 4,04 | 3,07 | " |
| Schwefelsäure | 1,12 | 1,57 | 1,52 | " |
| Kochsalz | 0,84 | 1,98 | 1,11 | " |

Tägliche Zunahme der Wurzeln in der vierten Wachstumszeit:

| | Phosphorsäure. | Kali. | Schwefelsäure. | Kochsalz. |
|---------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| Vom Boden geliefert | 1,25 | 3,07 | 1,52 | 1,10 |
| v. d. Blättern " | 0,41 | 1,56 | 0,51 | 0,53 |
| | <u>1,66</u> | <u>4,63</u> | <u>2,03</u> | <u>1,63</u> |

* Diese Zahlen ergeben, dass die Menge Phosphorsäure, welche täglich von den auf einem Acre Feld wachsenden Rübenpflanzen aufgenommen wird, vom Anfang der zweiten bis zum Ende der vierten Wachstumszeit, in 90 Tagen von 0,924 auf 1,25 Pfund per Tag steigt, von einem Tag zum anderen macht dies den geringen Unterschied von 0,0037 Pfund aus.

Anderson vermuthet, dass seine Stickstoffbestimmung der Blätter in dem dritten Stadium mit einem Fehler behaftet und zu niedrig ausgefallen sei. Nimmt man die Stickstoffmenge in den beiden letzten Stadien zusammen (55 Tage), so kommen auf den Tag 1,02 Pfund Stickstoff oder nahe ebenso viel als auf einen Tag der vorhergehenden Wachstumszeit.

Die Menge des Kalis stieg vom 11. August bis 1. September in etwas grösserem Verhältnisse als die erzeugte Pflanzenmasse; vom 1. September bis 5. October war die Zunahme der Wurzeln nahe doppelt so gross als in der vorhergehenden Wachstumszeit, allein es fand ein Wandern der Kaliverbindungen aus den Blättern nach den Wurzeln hin statt. Man bemerkt deutlich, dass die Zunahme an Kali mit der Bildung des Zuckers und der anderen stickstofffreien Bestandtheile der Wurzeln in einer gewissen Beziehung steht, ohne aber dass sich ein bestimmtes Verhältniss ergibt. Die Aufnahme an Schwefelsäure stieg gleichmässig in den drei letzten Stadien, die des Kochsalzes fand in dem dritten in einem etwas grösseren Verhältniss statt, als in der zweiten und vierten Wachstumszeit.

Ohne die Rolle, welche diese verschiedenen Mineralstoffe, sowie der Kalk, die Bittererde und das Eisen in dem Vegetationsprocess spielen, näher bezeichnen zu wollen, bemerkt man deutlich, dass die Aufnahme

derselben, das Kali ausgenommen, von Tag zu Tag sehr gleichmässig war und jeden folgenden Tag etwas mehr als den vorhergehenden betrug, entsprechend der täglich bis zum vierten Stadium sich vergrössernden, Nahrung aufnehmenden Oberfläche. Die schwächste Zunahme zeigt die Phosphorsäure und der Stickstoff, beide sind für die in der Rübenpflanze vor sich gehenden Bildungsprocesse gleich nothwendig gewesen und dienten offenbar zur Vermittelung einer mächtigeren Thätigkeit, deren Wirkung in der Erzeugung und Vermehrung der stickstofffreien Bestandtheile offenbar ist.

Wenn man die Menge der aufgenommenen Mineralsubstanzen als einen Maassstab ihrer Bedeutung für die in der Pflanze vor sich gehende organische Arbeit ansieht, so wird man der Schwefelsäure und dem Kochsalze eine gleiche Wichtigkeit wie den anderen zuerkennen müssen.

Betrachtet man die Mengen der Mineralbestandtheile, welche die verschiedenen Pflanzentheile in verschiedenen Zeiten aufgenommen haben, so ergeben sich die ungleichsten Verhältnisse. In dem zweiten Stadium wurden in 35 Tagen im Ganzen 49,29 Pfund Kali aufgenommen, von welchen 8,02 Pfund oder ein Sechstel in den Wurzeln und 41,27 Pfund in den Blättern sich befanden. Das Gewicht der erzeugten Blättermasse stand zu dem der Wurzelmasse nahe in demselben Verhältnisse, d. h. die erstere betrug beinahe fünfmal mehr als die andere.

In dem dritten Stadium überwog die gebildete Wurzelmasse die der Blätter und es blieben von den 80 Pfunden des aufgenommenen Kalis 34 Pfund oder $\frac{7}{16}$ in den Wurzeln; in ganz ähnlicher Weise verhielten sich die Phosphorsäure, das Kochsalz und die anderen Mineralbestandtheile, sie vertheilten sich je nach dem Wachsthum und der Zunahme der Masse der ober- und unterirdischen Organe der Rübenpflanze, die in den verschiedenen Perioden ebenfalls ungleich ist.

Betrachtet man die Zunahme der Blätter und Wurzeln an Mineralsubstanzen für sich, ohne Rücksicht auf die Menge derselben, welche die ganze Pflanze empfängt, so erscheint sie sprunghaft und höchst ungleichförmig. Jeden Tag empfängt die Pflanze sehr nahe dieselbe Quantität Phosphorsäure, Stickstoff, Kochsalz, Schwefelsäure, die sich in den verschiedenen Theilen der Pflanze, den Blättern oder Wurzeln, in welchen sie ihre Verwendung finden, vertheilen. Der Hauptunterschied in der Aufnahme ist bei dem Kali bemerklich, dessen Menge in dem dritten Stadium ausser allem Verhältnisse mehr als die der anderen Mineralbestandtheile zugenommen hat.

In der Pflanze erzeugt der chemische Process aus dem Rohmaterial aus der Kohlensäure, dem Wasser, Ammoniak, Phosphorsäure, Schwefelsäure unter Mitwirkung der Alkalien und Erden etc. höchst wahrscheinlich nur eine stickstoff- und schwefelhaltige, der Albumingruppe, und nur eine stickstofffreie, der Gruppe der Kohlenhydrate angehörende Substanz; die erstere behält ihren Charakter während der Dauer der Vegetation, während die stickstofffreie zu einem geschmacklosen gummiartigen

Körper, oder zu Cellulose oder zu Zucker, und je nach der vorwiegenden organischen Thätigkeit in den ober- oder unterirdischen Organen zu einem Blatt- oder Wurzelbestandtheile wird.

Wenn die Phosphorsäure in Beziehung steht zu der Erzeugung der stickstoffhaltigen Bestandtheile, so muss der Boden in seinen Theilen an beiden Stoffen bestimmte Verhältnisse enthalten, und es müssen bei der Rübe die oberen Schichten nothwendig weit reicher als die tieferen an Phosphaten sein. Denn in der ersten Hälfte der Vegetationszeit ist die Wurzelverzweigung weit geringer als später, und die Wurzel ist mit einem kleineren Volum Erde in Berührung als später und wenn sie daraus ebensoviel Nahrung empfangen soll, als aus dem grösseren, so muss das erstere in eben dem Verhältniss mehr davon enthalten, als die aufsaugende Wurzeloberfläche kleiner ist.

Die Asche aller Pflanzen, in deren Organismus sich grosse Mengen Stärkemehl, Gummi und Zucker erzeugen, zeichnet sich vor anderen Pflanzenaschen durch einen überwiegenden Gehalt von Kali aus, und wenn das Kali in dem Saft der Rübenpflanze zur Vermittelung der Bildung des Zuckers und ihrer anderen stickstofffreien Bestandtheile nothwendig war, so erklärt sich die gleichzeitige Zunahme in der dritten und vierten Wachstumszeit, in welcher die Bildung der stickstofffreien Wurzelbestandtheile in einem grösseren Verhältnisse statthatte, als in den früheren Perioden.

Dass die Erzeugung der verbrennlichen Bestandtheile, die Ueberführung der Kohlensäure und des Ammoniaks in stickstofffreie und stickstoffhaltige Stoffe in einem ganz bestimmten Verhältnisse der Abhängigkeit zu den unverbrennlichen Stoffen, welche wir in der Asche finden, stehe, dies ist eine Ansicht, die eines besonderen Beweises nicht mehr bedarf, aber diese Abhängigkeit ist gegenseitig; wenn man sagt, dass sich darum mehr stickstoffhaltige oder stickstofffreie Producte bilden, weil die Pflanze mehr Phosphorsäure oder mehr Kali aufgenommen hat, so ist dies ebenso richtig, als die Behauptung, dass die Pflanze darum mehr Phosphorsäure oder Kali aufnimmt, weil sich die anderen Bedingungen zur Erzeugung stickstoffhaltiger oder stickstofffreier Stoffe vereinigt in ihrem Organismus vorfinden.

Für ein Maximum der Vergrösserung der Pflanze muss der Boden zu jeder Zeit die ganze Quantität von einem jeden Bodenbestandtheile in aufnehmbarer Form darbieten, so wie auf der anderen Seite die cosmischen Bedingungen, Wärme, Feuchtigkeit und Sonnenlicht zusammenwirken müssen, um die aufgenommenen Stoffe in Pflanzengebilde umzuwandeln. Wenn die aus dem Boden in die Pflanze übergegangenen Stoffe keine Verwendung finden, so werden keine mehr von aussen aufgenommen werden, bei ungünstiger Witterung wächst die Pflanze nicht; sie wächst ebenfalls nicht, wenn die äusseren Bedingungen günstig sind, während es im Boden an den Stoffen fehlt, die sie wirksam machen.

In der zweiten Hälfte ihrer Entwicklungszeit, in welcher die Wurzeln der Rübenpflanze durch die Ackerkrume hindurch tief in den Untergrund gedrungen sind, nehmen diese mehr Kali auf, als in der vorangegangenen Zeit, und wenn wir uns denken, dass die aufsaugenden Wurzelspitzen der Rübe eine Bodenschicht erreichen, welche ärmer an Kali als die obere, oder nicht reich genug an Kali ist, um täglich ebenso viel abgeben zu können, als die Pflanze aufzunehmen fähig ist, so wird die Pflanze in der ersten Zeit üppig zu gedeihen scheinen, aber die Aussicht auf eine gute Ernte ist dennoch gering, wenn die Zufuhr des Rohmaterials fortwährend abnimmt, anstatt mit den Werkzeugen seiner Verarbeitung zu wachsen.

In dem Haushalte der Rübenpflanze nimmt die Wurzel in dem letzten Monate ihrer Vegetation nahe die Hälfte aller beweglichen Bestandtheile der Blätter in sich auf und diese stellt mit dem Abschlusse ihrer Vegetation im ersten Jahre ein Magazin von Bildungsstoffen für eine spätere Verwendung dar.

Im Frühling des darauf folgenden Jahres schosst die Wurzel und treibt eine schwache Blätterkrone und einen mehrere Fuss hohen Blütenstengel, und mit der Entwicklung des Samens stirbt die Pflanze ab. Die Hauptmasse der in der Wurzel aufgespeicherten Nahrung wird im zweiten Jahre oder in der dritten Periode in einer ganz anderen Richtung verbraucht, ohne dass der Boden ausser der Zufuhr von Wasser einen besonderen Theil an diesem neuen Lebensacte zu nehmen scheint.

Bei allen monokarpischen Gewächsen, d. h. solchen, welche nur einmal blühen und Samen tragen, lassen sich, wie bei der Rübenpflanze, bestimmte Lebensabschnitte in der Richtung der organischen Thätigkeit unterscheiden. In der ersten erzeugt die Pflanze die Bildungsstoffe für die darauf folgende, in dieser für die Arbeit im letzten Lebensacte; aber nicht immer häufen sich diese Stoffe, wie bei der Rübe, in der Wurzel an, bei der Sagopalme füllt sich der Stamm, bei der Aloe (Agave) sammeln sie sich in den dicken fleischigen Blättern an.

Die Samenerzeugung ist bei vielen dieser Gewächse weit weniger von einer Zeitperiode als von dem in der vorangegangenen Zeit angesammelten Vorrath von Bildungsstoffen abhängig; durch günstige klimatische oder Witterungsverhältnisse wird sie verkürzt, durch ungünstige hinausgerückt.

Die sogenannten Sommerpflanzen sind monokarpische Gewächse, welche in wenigen Monaten die zur Samenerzeugung nöthigen Bedingungen zu sammeln vermögen; die Haferpflanze entwickelt sich und trägt reifen Samen in 90 Tagen, die Turniprübe erst im zweiten Jahre, die Sagopalme in 16 bis 18 Jahren, die Aloe in 30 bis 40, oft erst in 100 Jahren.

Bei vielen perennirenden Gewächsen stirbt jährlich die äussere Pflanze ab, während die Wurzel sich erhält, bei den monokarpischen stirbt mit der Samenerzeugung die Wurzel ab; bei diesen ist die Samenerzeugung

eine nothwendige, bei den perennirenden mehr eine zufällige Bedingung ihres Fortbestehens.

Die Oekonomie der Pflanzen wird geregelt durch Gesetze, die sich in den eigenthümlichen Fähigkeiten gewisser Organe äussern, Nahrungsstoffe für eine künftige Verwendung anzuhäufen, so dass alle die äusseren Ursachen, welche ihre Entwicklung zu hindern scheinen, am Ende dazu beitragen, um ihr Fortbestehen, d. h. ihre Fortpflanzung, zu sichern.

Der Wurzelinhalt der perennirenden Gräser und der Spargelpflanze verhält sich in den verschiedenen Perioden des Lebens dieser Pflanzen wie der Mehlkörper des Getreidesamens, mit dem Unterschiede jedoch, dass der Balg nicht wie bei der Keimung desselben leer wird, sondern sich immer wieder füllt und an Umfang zunimmt. Die perennirende Pflanze empfängt im Ganzen immer mehr als sie ausgiebt, die monokarpische Pflanze giebt bei der Fruchtbildung ihren ganzen Vorrath aus.

Aus dem Verhalten der Rübenpflanze im Herbste, in welchem sich die Wurzel auf Kosten der Blätterbestandtheile vergrössert, lässt sich leicht der Einfluss des Blattes verstehen; wenn der Pflanze im August einige Blätter genommen werden, hat dies nur einen geringen Einfluss auf den Ertrag an Wurzeln, während das spätere Blatten die Wurzelernte auf das Stärkste beeinträchtigt. Metzler, der hierüber genaue vergleichende Versuche angestellt hat, fand, dass durch ein frühes Blatten der Rüben-ertrag um 7 Procent, durch ein spätes oder ein zweimaliges Blatten um 36 Procent sich verminderte. Die neueren zahlreichen Beobachtungen bestätigten diese Ergebnisse¹⁾.

Wenn man im ersten Jahre, anstatt die Rübenpflanzen zur Erntezeit von dem Felde zu entfernen, nur die Blattkrone abgeschnitten und die Wurzeln in dem Felde gelassen und untergepflügt hätte, so würde das Feld im Ganzen an Bodenbestandtheilen verloren haben, aber der grösste Theil derselben würde dennoch durch die Wurzel dem Boden erhalten worden sein. Ein anderes Verhältniss würde sich hingegen herausstellen, wenn man am Ende des zweiten Vegetationsjahres den Kopf der Rübe abgeschnitten und den Stengel mit dem Samen hinweggenommen hätte; während am Ende des ersten Jahres die Wurzel den überwiegend grösseren Theil der stickstoffhaltigen sowie der unverbrennlichen Bestandtheile noch enthalten hatte, die in dem Boden blieben, waren eben diese Stoffe im zweiten Jahre in den oberirdischen Theil der Pflanze gewandert und zur Bildung des Stengels und des Samens verbraucht

¹⁾ Bei den Münchener Versuchen (Zöllner) wurde dieselbe Zahl gleich entwickelter in dem nämlichen Boden und im gleichen Bodenvolum wachsender Rübenpflanzen zweimal, am 28. Juni und 1. August, ganz und halb abgeblattet, und der Ertrag bei der Ernte am 15. October mit dem nicht abgeblatteten Rüben verglichen. Die Resultate waren folgende:

| | ganz abgeblattet | halb abgeblattet | nicht abgeblattet |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Wurzeln | 3572 | 5250 | 12310 g |
| Blätter | 752 | 2230 | 5058 „ |

worden, und es musste durch ihre Hinwegnahme der Boden ärmer werden, auch wenn man demselben die noch vorhandene Wurzel gelassen hätte. Vor dem Schossen und der Blüthe war die Wurzel reich an Bodenbestandtheilen, nach der Samenbildung ist sie daran erschöpft; bleibt die Wurzel vor der Blüthe in der Erde, so behält der Boden den überwiegend grössten Theil von den Nährstoffen, die er an die Pflanze abgegeben hat; nach der Blüthe und Samenbildung hingegen bleibt in dem Wurzelstocke nur ein kleiner Rest zurück, der Boden erscheint erschöpft.

In dem eben angedeuteten Verhalten der Rübenpflanze spiegelt sich das der Halmgewächse ab; wenn sie vor der Blüthe abgeschnitten werden, so bleibt in der Wurzel ein grosser Theil der angesammelten Nährstoffe zurück, die der Boden natürlich verliert, wenn die oberirdische Pflanze nach der Samenreife geerntet worden.

Die über den Tabackbau vorliegenden Erfahrungen geben über die Vorgänge in der Entwicklung einer jährigen Blattpflanze Aufschluss.

Die Tabackpflanze entwickelt sich in ihren ober- und unterirdischen Theilen äusserst gleichmässig; die Wurzel gewinnt in eben dem Maasse an Ausdehnung, als der Stengel sich verlängert und die Blätter in ihrer Anzahl und Umfang sich vermehren; man bemerkt keine sprungweise Aenderung in der Richtung der organischen Thätigkeit, kein Schossen, sondern eine stetig fortschreitende Aufeinanderfolge ihrer Lebenserscheinungen. Während die Spitze des Stengels schon reife Samen trägt und die unteren Blätter abgestorben sind, entwickeln die Seitenäste der Pflanze oft noch Blüthenknospen, deren Samen weit später reift.

Die Tabackpflanze ist dadurch bemerkenswerth, dass in ihrem Organismus zwei Stickstoffverbindungen erzeugt werden, von denen die eine, das Nicotin, schwefel- und sauerstofffrei, die andere, das Albumin, identisch mit den schwefel- und sauerstoffhaltigen Bestandtheilen der Nährpflanzen ist.

Der Handelswerth der Blätter steht im umgekehrten Verhältniss zu ihrem Gehalte an Albumin und es wird diejenige Tabacksorte von den Rauchern am meisten geschätzt, welche die kleinste Menge Albumin enthält; das Albumin verbreitet nämlich beim Brennen der trockenen Blätter, indem es sich verkohlt, einen höchst unangenehmen Horngeruch. Die an Albumin reichen Blätter enthalten in der Regel mehr Nicotin, als die an Albumin armen, sie geben die stärksten Tabacke, so dass manche derselben ungemischt nicht geraucht werden können.

Die in Frankreich und Deutschland gebauten Tabackblätter werden entweder zu Rauchtack oder Schnupftack verarbeitet, für die Fabrication der Schnupftacke zieht man die an Albumin (und Nicotin) reichen den daran ärmeren vor. Man unterwirft sie zu diesem Zwecke entweder schon in der Form von Blättern oder gemahlen einer Art von Gährung, welche ziemlich rasch und unter Erhitzung eintritt, wenn sie mit Wasser feucht erhalten werden. Durch die Fäulniss des Albumins entsteht eine beträchtliche Menge Ammoniak, welches ein Hauptbestand-

theil des deutschen Schnupftabacks ist, den die deutschen Fabrikanten, dem Geschmack der Consumenten entsprechend, durch Befeuchtung mit kohlensaurem oder Aetzammoniak noch vermehren.

Auch die Rauchtacke gewinnen an Qualität durch einen schwachen Gährungsprocess der Blätter, wodurch der Albumingehalt vermindert wird.

Nach diesen Vorbemerkungen wird man die verschiedenen Methoden des Tabackbaues verständlich finden.

Die Grösse des Blattes in Länge und Breite, die lichte oder dunkle Farbe, die Höhe des Stengels, der reiche Ertrag und der Reichthum an Albumin und Nicotin hängt sehr wesentlich von der Düngung ab.

Die Pflanze gedeiht auf einem milden, sandigen, humosen Lehm- oder Mergelboden in Europa am besten; der auf Neubruch, auf schwerem Thonboden gebaute; mit Knochenmehl, Horn- und Klauenabfällen, Blut, Borsten, Menschenexcrementen, Oelkuchenmehl und Jauche gedüngte Boden erzeugt die stärksten (albumin- und nicotinreichsten) Tabacke.

In Havanna wird der Taback auf Neubrüchen, auf abgeholzten Waldflächen, welche häufig, wie in Virginien, vorher gebrannt werden, gebaut; die besten Qualitäten (an Albumin ärmsten) liefert das dritte Jahr des Anbaues.

Hieraus scheint hervorzugehen, dass thierischer oder stickstoff- (ammoniak-) und phosphorsäurereicher Dünger die Erzeugung der stickstoffhaltigen Bestandtheile befördert, der Boden hingegen, welcher verhältnissmässig arm an Phosphorsäure und Ammoniak ist und wahrscheinlich den Stickstoff in der Form von Salpetersäure enthält, liefert Blätter von geringem Albumin- und Nicotiningehalt. Der an Phosphorsäure und Ammoniak reiche Torfboden in den Münchener Versuchen ertrug Tabackblätter, deren Stickstoffgehalt noch einmal so hoch war, als derjenige der Blätter, welche auf den an diesen Nährstoffen ärmeren Böden erzielt wurden (Zöller, Fesca). Auch ist es eine landwirthschaftliche Erfahrung, dass der an Alkali reiche Kuhdünger einen milden, der Pferdedünger einen starken Taback liefert.

Die Wirkung des Umsetzens der im Mistbeete gezogenen Pflanzen auf das Feld ist bei der Tabackpflanze in die Augen fallend. Die Pflanze verhält sich beim Anwurzeln in dem neuen Boden wie der Same beim Keimungsprocess, dessen erste Aeusserung in der Entwicklung von Wurzelfasern besteht; die bereits gebildeten Blätter sterben beim Umsetzen ab und ihre beweglichen Bestandtheile sowie der in den Wurzeln vorhandene Vorrath an Bildungsmaterial wird zur Erzeugung von zahlreichen Seitenwürzelchen verwendet; ein zweites Umsetzen wirkt in Beziehung auf die Vermehrung der unterirdischen Aufsaugungsorgane noch günstiger ein.

Da die ganze Richtung der organischen Arbeit bei den Sommerpflanzen der Samenbildung zugewendet ist und diese die Stoffe verzehrt, welche die Wurzeln und Blätter arbeitsfähig machen, so bricht der Taback-

pflanzer, nachdem die Pflanze 6 bis 10 Blätter getrieben hat, das Herz des Mittelstengels aus, an welchem sich die Blüthen und Samenköpfe ansetzen. Der Krone beraubt, wendet sich jetzt die organische Arbeit den zwischen Blättern und Stengel sich entwickelnden Knospen zu, welche Seitenzweige, sogenannte Geizen, bilden; mit diesen verfährt man, wie mit dem Hauptstamme, sie werden ausgebrochen oder einfach geknickt, indem man sie einigemal umdreht. Die fortdauernd nacherzeugten Bildungsstoffe werden dadurch in den Blättern zurückgehalten, die an Umfang und Masse zu- und an Wassergehalt abnehmen. Gegen die Mitte Septembers verlieren die Blätter ihre grüne Farbe, sie bekommen gelbliche Flecken, was ihnen ein marmorirtes Aussehen giebt, und werden pergamentartig; sie fühlen sich trocken an, werden schlaff, neigen sich mit den Spitzen zur Erde, bei völliger Reife sind sie klebrig und zähe und lösen sich leicht vom Stengel ab.

Diese Behandlung ändert sich je nach den Tabackvarietäten und Ländern auf die mannigfaltigste Weise. Den sogenannten common english tabacco, Brasiliantaback, Bauerntaback, welcher besonders reich an Nicotin ist, lassen die Pflanzer häufig in Samen schießen, wodurch eine Theilung der stickstoffhaltigen Stoffe eintritt, von welchen das Albumin die Blätter verlässt und sich in den Samen ablagert.

In den jungen Trieben, Knospen, überhaupt in allen Orten, in welchen die Zellenbildung in der Pflanze am lebhaftesten ist, häufen sich die schwefel- und stickstoffhaltigen Bestandtheile (Albumin) an, und so sind denn die jüngeren Blätter immer reicher, die älteren immer ärmer an diesen Stoffen; die dem Boden zunächst stehenden ältesten Blätter (Sandblätter) geben einen mildereren, die höheren einen stärkeren Taback. Bei Varietäten, die an sich nicht besonders reich an Nicotin und Albumin sind, haben die Sandblätter einen viel geringeren Werth, als die oberen. Unter einem milden Taback versteht man immer einen an narcotischen Bestandtheilen armen Taback.

Das Verfahren des europäischen Pflanzers, der seine Felder mit thierischem Dünger überreichlich düngt, ist dem des amerikanischen Pflanzers, der seine Pflanzen auf einem nie gedüngten Felde zieht, geradezu entgegengesetzt; der eine sucht die narcotischen und schwefel- und stickstoffhaltigen Bestandtheile der Blätter zu vermindern oder zu verdünnen, der andere zu concentriren; darum bricht der amerikanische Pflanzer die unteren Blätter im Zustande ihrer vollsten Thätigkeit, sobald die Pflanze ihr halbes Wachsthum erreicht hat, der europäische legt auf die vollen und ausgebildeten oberen den höchsten Werth.

Da die Tabackpflanzen, wie alle jährigen Gewächse, ihren ganzen Vorrath an Bildungsstoffen erst in der Samenreife abgeben, so stirbt der Stengel nach dem Verlust der Blätter noch nicht ab, sondern die in ihm und in den Wurzeln noch vorhandenen Stoffe bewirken, dass derselbe neue Sprossen und häufig noch, wiewohl kleine, Blätter treibt. In West-Indien, Maryland, Virginien werden die Stöcke vor dem Brechen der

Blätter unmittelbar über dem Boden eingehauen, so dass sie sich, ohne von dem Wurzelstamm getrennt zu sein, umlehnen. Bei warmer Witterung verdunstet das Wasser in den Blättern und es findet eine Bewegung des Saftes aus den Stengeln und Wurzeln nach den Blättern hin statt, in denen er sich beim Abwelken concentrirt. In der Rheinpfalz haben die Tabackpflanzer wahrgenommen, dass man einen edleren, an Albumin und Nicotin ärmeren Taback erzielt, wenn der Stengel, anstatt die Blätter auf dem Felde zu brechen; mitsammt den Blättern über dem Boden abgehauen und die Spitze desselben abwärts gerichtet zum Trocknen aufgehängt wird; der Stengel vegetirt alsdann noch einige Zeit fort, es entwickeln sich kleine Zweige, die sich allmählich nach aufwärts richten und Blüthenknospen treiben, in denen sich die schwefel- und stickstoffhaltigen Bestandtheile aus den Blättern anhäufen, die in eben dem Verhältniss daran ärmer und darum veredelt werden.

Unter den Pflanzen, die ihres Samens wegen cultivirt werden, nimmt der Weizen die vorzüglichste Stelle ein.

Das Winterkorn ist in seiner Entwicklung den zweijährigen Gewächsen ausserordentlich ähnlich. Bei der zweijährigen Rübenpflanze nimmt man wahr, dass sich mit den ersten Blättern eine entsprechende Anzahl von Wurzelfasern erzeugt und nach der Ausbildung der Blattkrone eine mächtige Vermehrung und Vergrösserung der Wurzelmasse beginnt, auf welche sodann das Schossen eines Blüthen- und Samenstengels folgt.

Nach der Einsaat des Wintergetreides entwickelt die junge Pflanze sehr bald die ersten Blätter, die sich während des Winters und der ersten Frühlingsmonate zu einem Blätterbüschel vermehren; scheinbar scheint ihre Vegetation Wochen oder Monate lang still zu stehen. Mit dem Eintreten der warmen Witterung treibt die Pflanze einen mehrere Fuss hohen, weichen, mit Blättern besetzten Stengel, der an seiner Spitze eine mit Blüthenknospen besetzte Aehre trägt, in der sich nach Vollendung der Blüthe die Samen ausbilden; mit der Entwicklung der Samen werden die Blätter von unten nach oben hin gelb und sterben mit dem Stengel während der Samenreife ab.

Man kann wohl nicht daran zweifeln, dass während des scheinbaren Stillstandes des Wachstums der Pflanze vor dem Schossen die oberen und unterirdischen Organe unausgesetzt sich in Thätigkeit befinden; es wird fortwährend Nahrung aufgenommen, die aber nur zum Theil zur Vermehrung der Blättermasse und nicht zur Stengelbildung verwendet wurde. Wir haben darum allen Grund zu glauben, dass der bei weitem grösste Theil der in dieser Zeit in den Blättern erzeugten Bildungstoffe in die Wurzel übergang, und dass dieser Vorrath später zur Bildung des Halms verwendet wurde; beim Eintreten der höheren Temperatur erhöhen sich alle Thätigkeiten der Getreidepflanzen, die Menge der täglich aufgenommenen und verarbeiteten Nahrung wächst mit dem Umfang der Apparate zur Aufnahme und Verarbeitung; im Frühling sterben von den

älteren Blättern und von den Wurzelfasern manche in den durch sie erschöpften Bodentheilen ab, an den Wurzelköpfen bilden sich neue Knospen und mit jeder Knospe neue Würzelchen, bis die Stengelglieder eine gewisse Länge erreicht haben. Von da an bis zum Abschluss der Vegetation wird der aufgenommene sowohl wie der in den Blättern, Stengeln und der Wurzel bewegliche Theil der gebildeten Stoffe zur Blüthe und Samenbildung verbraucht.

Die Beobachtungen Schubart's zeigen, dass die Wurzeln der Halmgewächse in der ersten Entwicklungszeit weit mehr an Masse gewinnen als die Blätter; bei Roggenpflanzen, welche sechs Wochen nach der Aussaat Blätter von 5 Zoll Länge getrieben hatten, fand er Wurzeln von 2 Fuss Länge.

Der Wurzelentwicklung entspricht die Halmbildung und das Bestockungsvermögen; an Roggenpflanzen mit 3 bis 4 Fuss langen Wurzeln fand Schubart elf Seitensprösslinge, an anderen mit $1\frac{3}{4}$ bis $2\frac{1}{4}$ Fuss langen Wurzeln nur 1 bis 2 und an Pflanzen, deren Wurzeln nicht länger als $1\frac{1}{2}$ Fuss waren, gar keine Seitensprösslinge.

Zu einem kräftigen Gedeihen des Wintergetreides gehört wesentlich, dass durch den Einfluss der Temperatur während der kalten und kühlen Monate der Thätigkeit der äusseren Organe eine gewisse Grenze gesetzt wird, ohne sie zu unterdrücken; am günstigsten für die spätere Entwicklungszeit ist, wenn die Temperatur der Luft niedrig und zwar etwas niedriger wie die des Bodens ist; die äussere Pflanze muss eine Anzahl von Monaten in ihrer Entwicklung zurückgehalten werden.

Ein sehr milder Herbst oder Winter wirkt deshalb auf die künftige Ernte schädlich ein; die höhere Temperatur begünstigt alsdann die Entwicklung des Haupthalmes, welcher dünn aufschiesst und die Nahrung verbraucht, die zur Bildung von Knospen und neuen Wurzeln oder zur Vermehrung des Wurzelvorrathes gedient haben würde. Die schwächer entwickelte Wurzel führt alsdann im Frühling der Pflanze weniger Nahrung zu, indem sie im Verhältniss zu ihrer aufsaugenden Oberfläche und zu ihrem geringeren Vorrathe weniger aufnimmt und ausgiebt, und sie behauptet in den darauf folgenden Wachstumsperioden ihren schwachen Charakter. Durch das Abweiden oder Abschneiden dieser schwachbestockten und bewurzelten Pflanzen sucht der Landwirth diesem Nachtheile zu begegnen; es beginnt alsdann die Knospen- und Wurzelbildung aufs Neue, und wenn die äusseren Bedingungen günstig sind und die Pflanze Zeit hat, das Wurzelmagazin wieder zu füllen, so wird hierdurch das im landwirthschaftlichen Sinne normale Wachstumsverhältniss wieder hergestellt. Das Sommergetreide behauptet in den verschiedenen Perioden seiner Entwicklung den Charakter des Winterkorns, nur sind diese der Zeit nach viel kürzer.

Die Untersuchung der Haferpflanze in ihren verschiedenen Perioden des Lebens von Arendt ist in dieser Beziehung lehrreich; er bestimmte die Zunahme an verbrennlichen und unverbrennlichen Bestandtheilen,

vom Keimen an bis zum Beginne des Schossens (Ende dieser I. Periode am 18. Juni), sodann kurz vor dem Ende des Schossens (II. Periode am 30. Juni), unmittelbar nach der Blüthe (III. Periode am 10. Juli), bei beginnender Reife (IV. Periode am 21. Juli) und zuletzt bei völliger Reife (V. Periode am 31. Juli). Am 18. Juni hatten die Pflanzen durchschnittlich eine Höhe von 31 Centimeter, die drei unteren Blätter waren ziemlich entfaltet, die beiden oberen noch geschlossen. Von den Stengelgliedern hatten nur die drei unteren eine merkliche Länge (1, 2 und 3 Centimeter), die drei oberen waren nur andeutungsweise vorhanden. Am 30. Juni (12 Tage darauf) hatte die Pflanze die doppelte Höhe (63 Centimeter), am 10. Juli (nach zehn weiteren Tagen der Blüthe) die Höhe von 84 Centimetern.

1000 Pflanzen nehmen auf resp. erzeugen Grammen:

| Untersucht am: | | | | | |
|-------------------|--|---|---|---|--|
| Bestandtheile. | 18. Juni. I. Periode. In 49 Tagen, vor dem Schossen. | 30. Juni. II. Periode. In 12 Tagen. Ende des Schossens. | 10. Juli. III. Periode. In 10 Tagen. Blüthe. | 21. Juli. IV. Periode. In 11 Tagen. Samen- bildung. | 31. Juli. V. Periode. In 10 Tagen, Zeit der Reife. |
| Verbrennliche . . | 419 | 873 | 475 | 435 | 128 g. |
| Unverbrennliche . | 36,6 | 33,48 | 30,33 | 20,34 | 7,18 , |

An einem Tage:

| | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Verbrennliche . . | 8,511 | 72,75 | 47,50 | 39,45 | 12,8 g. |
| Verhältniss . . . | 1 : | 8,5 | 5,5 | 4,6 | 1,5 |
| Unverbrennliche . | 0,747 | 2,79 | 3,03 | 1,849 | 0,718 g. |
| Verhältniss . . . | 1 : | 3,73 | 4,06 | 2,47 | 0,96 |

Bei der näheren Betrachtung dieser Zahlen muss beachtet werden, dass Arendt nur bestimmen konnte, was die oberirdische Pflanze von der Wurzel und nicht, wie Anderson bei der Rübe, was die ganze Pflanze vom Boden empfang. Die grosse Ungleichförmigkeit in der Zunahme an verbrennlichen und unverbrennlichen Substanzen beruht offenbar mehr in der ungleichförmigen Vertheilung der aufgenommenen Stoffe, als in der ungleichen Menge, welche aus dem Boden aufgenommen wurde. Die ganze Entwicklungszeit umfasste circa 92 Tage, und wir sehen, dass während der ganzen Hälfte derselben (49 Tage) die Pflanze auf einer scheinbar niederen Stufe stehen bleibt, nur der Blattbüschel ist bis dahin, wiewohl nicht vollkommen, entwickelt. Von dem 30. Juni an nimmt die Pflanze in 12 Tagen doppelt soviel an Gewicht an verbrennlichen

Bestandtheilen zu und wird doppelt so hoch, als in 49 Tagen vorher, und die oberirdischen Theile nehmen an unverbrennlichen Stoffen in dieser kurzen Zeit nahe um ebensoviel zu, als sie bereits aufgenommen haben, an verbrennlichen $8\frac{1}{2}$ mal, an Aschenbestandtheilen $3\frac{3}{4}$ mal mehr an einem Tage des Schossens, als an einem der 49 vorhergehenden Tage.

Es ist nicht wohl möglich, sich zu denken, dass die äusseren Bedingungen der Ernährung, die Zufuhr von Nahrung durch die Atmosphäre und den Boden, oder das Aufnahmevermögen der Pflanze von einem Tage zum anderen gleichsam sprungweise sich ändere und vermehre, sondern wir müssen annehmen, dass die Haferpflanze in ihrer Entwicklung demselben Gesetz unterliegt, was wir bei der Rübe wahrgenommen haben, dass demnach in der zweiten Hälfte der ersten Wachstumsperiode die Thätigkeit der Blätter vorzugsweise auf die Erzeugung von Bildungstoffen gerichtet war, die in der Wurzel angehäuft zur Schosszeit an die äussere Pflanze abgegeben wurden. Mit der Steigerung des Assimilations- oder Arbeitsvermögens der Pflanze in Folge der höheren Temperatur und Lichteinwirkung des Sommers steigerte sich in einem gewissen Verhältnisse die Menge der sich darbietenden Nahrung, allein das relative Verhältniss der Bodenbestandtheile blieb sich eben so gleich wie bei der Rübenpflanze.

Wenn wir die Menge des Kalis, der Phosphorsäure und des Stickstoffs mit einander vergleichen, welche die oberirdischen Theile der Haferpflanze in der ersten und zweiten Periode, d. h. bis zum Anfang der Blüthe, von da an bis zur beginnenden Reife und zuletzt während der Reife von der Wurzel und dem Boden empfangen hat, so ergibt sich für tausend Pflanzen:

| | In der I. und II. Periode. 61 Tage. | In der III. und IV. Periode. 21 Tage. | In der V. Periode. 10 Tage. |
|-------------------------|---|---|-----------------------------------|
| Kali | 34,11 g. | 13,2 g. | 0,0 g. |
| Stickstoff | 25,00 „ | 24,9 „ | 5,4 „ |
| Phosphorsäure | 5,99 „ | 6,94 „ | 1,33 „ |

Diese Verhältnisse geben zu erkennen, dass die Haferpflanze in ihren oberirdischen Theilen an jedem der 21 Tage der III. und IV. Periode um nahe ebensoviel an Kali zunahm, als an einem der 61 Tage der vorhergehenden, aber für die Phosphorsäure und den Stickstoff stellt sich ein ganz anderes Verhältniss heraus; denn die Menge beider, die in den Halm, die Aehre und die Blätter übergang, betrug in diesen 21 Tagen ebensoviel als in 61 Tagen der I. und II. Periode, d. h. an jedem Tag von der

Blüthe an und der Zeit der Reife nahmen die oberirdischen Theile der Pflanze um dreimal so viel an diesen Stoffen als vorher zu.

Bei der Rübe wissen wir, dass von dem Zeitpunkte an, wo sie einen Blütenstengel treibt, die Bestandtheile desselben sowie die der Blüthe und des Samens in der Wurzel bereits zum grossen Theile vorhanden sind und von dieser geliefert werden, und die weiteren Versuche haben ergeben, dass die einjährige, samentragende Pflanze sich ebenso verhält; die Hauptmasse der Bestandtheile, welche sich später im Samen (Frucht) anhäufen, sind schon vor diesem Zeitpunkte von den Assimilationsorganen gebildet und in der Wurzel, dem Stengel etc. abgelagert.

Knop hat beobachtet, dass blühende aus der Erde gegrabene Maispflanzen, bloss im Wasser stehend, Kolben mit reifen Samen liefern, was beweist, dass die zur Samenbildung dienenden Stoffe zur Blüthezeit bereits in der Pflanze vorhanden sind.

Thatsache ist, dass das Korngewächs, wenn es vor der Blüthe abgeschnitten wird, in den niederen Zustand eines perennirenden Gewächses zurückversetzt wird, in welchem die Wurzel an Bildungstoffen mehr einnimmt als sie ausgiebt¹⁾.

Jeden Zweifel in dieser Beziehung beseitigt übrigens der Vegetationsversuch, welchen Zöller²⁾ in Sandboden mit der Berliner Treibbohne (bunte Zwergbohne) anstellte. Die Pflanzen wurden in drei Perioden gesammelt. Zehn Tage nach dem Einlegen der Samen geschah die erste Pflanzenentnahme; diese zehn Tage bildeten die I. Wachstumsperiode (Kotyledonen verschrumpft, aber noch am Stengel haftend). Die II. Periode dauerte bis zum Verblühen der Pflanzen; ihr Zeitraum betrug 50 Tage; vom Einlegen der Samen bis zu Ende der II. Periode waren demnach 60 Tage verflossen. Die Zeit bis zur völligen Reife der Samen, die III. Periode, umfasste 69 Tage; die Dauer der gesammten Wachstumszeit daher 129 Tage (vom 25. Mai bis 10. October). Zu den Gewichtsbestimmungen wurden die einzelnen Organe von einander getrennt und bei 100° getrocknet. Es gaben Trockensubstanz:

¹⁾ Buckmann (Journ. of the Royal Agric. Soc.) säete im Herbste 1849 auf einem Stück Feld Weizen, welcher im Jahre 1850 beständig abgeschnitten wurde, so dass die Pflanzen nicht zur Blüthe kamen; sie standen den Winter 1850/₆₁ und lieferten eine ganz gute Ernte im Jahre 1851.

²⁾ Journ. f. Landw., neue Folge, Bd. II, S. 292.

100 Pflanzen.

| | 100 Samen. | I. Periode. | II. Periode. | III. Periode. | |
|-------------------|------------|-------------|--------------|---------------|-----------|
| | 65,8 | 36,4 | 265,5 | 330,8 g | |
| Wurzeln | — | 4,77 | 94,66 | 27,87 g | } 134,4 g |
| Stengel | — | 31,58 *) | 102,80 | 89,05 „ | |
| Blätter | — | — | 68,06 **) | 17,45 „ | |
| Samen | — | — | — | 107,65 „ | } 196,4 g |
| Hülsen | — | — | — | 88,70 „ | |

*) Mit den Blättern und verschrumpften Kotyledonen. **) u. Blüten.

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass die anfängliche Entfaltung der jungen Pflanze mit Verlust an organischen Samenbestandtheilen verknüpft ist, dass aber dieser Verlust in der II. Periode des Wachstums nicht allein gedeckt, sondern auch die Hauptmasse der organischen Substanz erzeugt wird. Die Gewichtszunahme der 100 Pflanzen an Trockensubstanz, verglichen mit dem Samengewichte, betrug am Ende der II. Periode 200 g, allein da auch der Verlust an organischer Masse, welche in der I. Periode stattfand, vollkommen gedeckt wurde, so war in der II. Periode eine thatsächliche Vermehrung von 229 g Pflanzensubstanz geschehen. In der III. Periode nahmen die Pflanzen nur mehr um 68 g an Masse zu. Allein die Hauptarbeit der Pflanze in dieser Periode ist nicht sowohl auf die Erzeugung organischer Stoffe gerichtet, als vielmehr auf die Anordnung der letzteren zu Samen. Alles Bildungsmaterial, das neugebildete und früher erzeugte, wird zu Samen und die Mutterpflanze dadurch erschöpft. Wie ersichtlich diese Erschöpfung und welchen grossen Antheil die zweite Wachstumsperiode an der Erzeugung der Samenbestandtheile hat, ergibt sich, wenn man die Gewichte der Pflanzenorgane am Ende der II. und III. Periode mit einander vergleicht. Wurzeln, Blätter (mit den Blüten) und Stengel wogen getrocknet am Ende der II. Periode, wie angeführt, 265,5 g, am Ende der III. Periode jedoch nur mehr 134,4 g, sie hatten 131,1 g, also die Hälfte ihrer Trockensubstanz verloren. Diese 131,1 g Pflanzensubstanz bildeten mit den noch während der III. Periode gebildeten 65,3 g die geernteten 196,4 g Samen und Hülsen. In der zweiten Periode erzeugten sich also neben den zur Bildung der Wurzeln, Stengel, Blätter und Blüten dienenden Stoffe noch $\frac{2}{3}$ der Fruchbestandtheile.

Zum Vergleiche hatte Zöller in vorhergehenden, in derselben Weise angestellten Versuchen aus Bohnensamen vollendete Keimpflanzen sich entwickeln lassen. Am Ende der I. Periode wogen getrocknet 100 Keimpflanzen;

| | A. (9. Mai bis 26. Mai) | B. (25. Mai bis 4. Juni) |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Wurzeln | 9,59 | 4,77 g |
| Beblätterter Stengel | 27,67 | 31,58 „ |
| 100 Keimpflanzen . | 37,26 | 36,35 g |

In diesem Versuche zeigt sich der Einfluss der zunehmenden Temperatur und Tageslänge auf den Verlauf der Keimung. Während Anfangs Mai der Bohnenembryo 17 Tage zu seiner vollkommenen Entwicklung bedurfte, reichten Ende Mai 10 Tage hierzu aus. Die Keimpflanzen des späteren Versuches waren ausserdem in ihrem oberirdischen Theile höher als die des Versuches A, allein die Erhöhung des oberirdischen Theils geschah auf Kosten der Wurzeln; diese waren noch einmal so schwer in A. als in B. Uebrigens war die Verschiedenheit der Wurzeln beim Herausnehmen der Pflanzen aus dem Boden schon ersichtlich; die frischen Wurzeln von B. zeigten sich dünner und magerer als die Wurzeln von A.; letztere erschienen derber, voller und von grösstem Volum; sie durchzogen nach allen Richtungen den Sand und viele derselben waren länger, oft doppelt so lang, als die Topfhöhe. Es ist zu bedauern, dass Keimpflanzen des Versuches A. nicht die ganze Vegetationsperiode (bis zur Ernte) durchliefen. Der Einfluss der unter verschiedenen Umständen gekeimten Samen auf den Ertrag wäre hierdurch zum Ausdrucke gekommen.

Der Unterschied in dem Bedarf der Hafer- und Rübenpflanze an unverbrennlichen Bestandtheilen und Stickstoff ist im Ganzen und in den verschiedenen Perioden ihres Wachstums ganz ausserordentlich verschieden. Die von Anderson für die Rübe und von Arendt für die Halmpflanze ermittelten Thatsachen sind freilich nicht zahlreich genug, um ein bestimmtes Gesetz des Wachstums für beide daraus zu folgern, sie können aber immerhin als Anhaltspunkt für einige Schlüsse dienen. Die Mengen der Phosphorsäure und des Stickstoffs in der Rübenpflanze verhalten sich am Ende des ersten Vegetationsjahres ziemlich genau wie 1 : 1; bei der Haferpflanze hingegen wie 1 : 4. Auf dieselbe Phosphorsäuremenge bedarf die Haferpflanze viermal soviel Stickstoff als die Rübenpflanze, die letztere auf dieselbe Menge Stickstoff viermal soviel Phosphorsäure.

Wenn die Entwicklung der Haferpflanze einen ähnlichen Verlauf wie die der Rübenpflanze hat, so muss vor dem Schossen die erstere in ihren unterirdischen Organen einen ähnlichen Vorrath von Bildungstoffen wie die Rübenpflanze am Ende ihrer Vegetationszeit im ersten Jahre angesammelt haben. Die Masse der organischen Stoffe, welche

sich in diesen Pflanzen vor der Entwicklung des Blütenstengels anhäufen, ist offenbar bei der Rübe weit grösser als bei der Haferpflanze; die erstere empfängt vom Boden weit mehr Nährstoffe, allein die Rübenpflanze hatte 122 Tage, die Haferpflanze nur etwa 50 Tage Zeit, um diese Nahrungsstoffe vor dem Schossen dem Boden zu entziehen, und wenn die auf einem Hectar Feld wachsenden Rüben- und Haferpflanzen täglich gleich viel davon empfangen hätten, so wird sich unter sonst gleichen Verhältnissen die Menge der aufgenommenen Nahrungsstoffe wie die Aufnahmezeit verhalten. Die Beschaffenheit der Wurzel macht je nach dem Umfang der aufsaugenden Wurzeloberfläche in dieser Beziehung einen grossen Unterschied; die grössere Wurzeloberfläche ist mit mehr Erdtheilen in Berührung und kann in derselben Zeit mehr Nahrungsstoffe daraus aufnehmen als die kleinere. Die erzeugte Masse von vegetabilischer Substanz und im Besonderen die Masse der erzeugten stickstofffreien und stickstoffhaltigen Materien hängt von der Natur der Pflanzen ab. Wäre die aufsaugende Wurzeloberfläche der Haferpflanze um 2,45 mal grösser als die der Rübenpflanze, so würde in gleichen Verhältnissen die Haferpflanze täglich 2,45 mal, oder in 50 Tagen ebensoviel Nahrung aufnehmen als die Rübe in 122 Tagen, d. h. in gleichen Zeiten steht bei zwei Pflanzen das Aufnahmevermögen derselben im Verhältniss zu ihrer Wurzeloberfläche.

Die Vegetationszeit der Rübenpflanze umfasst im ersten Jahre 120 bis 122 Tage und schliesst am Ende Juli des nächsten Jahres mit der Samenbildung ab; nimmt man 244 Vegetationstage an und denkt man sich die Vegetationszeit der Haferpflanze von 93 bis 95 Tagen auf 244 Tage verlängert, so gewinnt man in dieser Zeit $2\frac{1}{2}$ Haferernten und die Untersuchung dürfte vielleicht ergeben, dass die Quantität der in der Haferpflanze erzeugten schwefel- und stickstoffhaltigen Bestandtheile nicht kleiner ist als die, welche in den Rübenpflanzen von einer gleichen Bodenfläche geerntet wird.

In dem Getreidesamen verhält sich die Menge der schwefel- und stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien, oder die blutbildenden Stoffe zu dem Stärkemehl wie 1 : 4 bis 5, in den Wurzeln der Rüben oder Knollen der Kartoffeln wie 1 : 8 bis 10; in den letzteren ist demnach die Menge der stickstofffreien Materien im Verhältniss zu den anderen weit grösser.

Wenn in einem Weizenkorn bei einem gewissen Wärmegrad der organische Process beginnt, so sendet die Keimknospe zuerst eine Anzahl von Würzelchen abwärts, während der Keim sich zu einem kurzen Stengelglied mit zwei oder drei vollständigen Blättern entwickelt. Gleichzeitig mit den Veränderungen, die in den Knospen vor sich gehen, werden die Bestandtheile des Mehlkörpers flüssig, das Stärkemehl verwandelt sich erst in eine dem Gummi ähnliche Substanz, dann in Zucker, der Kleber in Albumin, beide zusammen bilden das Protoplastem (Naegeli's organische Nahrungsstoffe) oder die Nahrung der Zelle, ihr Zustand ge-

stattet, sich nach den Orten der Zellenbildung hinzubegeben; das Stärkemehl liefert die Elemente zur Bildung ihrer äusseren Wand, die stickstoffhaltige Materie macht einen Hauptbestandtheil des Zelleninhaltes aus.

In dem Protoplastem der Weizenpflanze macht die stickstofffreie Substanz die fünffache Menge der stickstoffhaltigen aus.

An diesen Vorgängen nimmt ausser Wasser und Sauerstoff kein Stoff von aussen Antheil. Was der Samen an Kohlenstoff durch die Bildung von Kohlensäure beim Keimen verliert, nimmt die junge Pflanze später wieder auf.

Die unter diesen Umständen entwickelte Pflanze nimmt, auch wenn sie Wochen lang vegetirt, an Masse kaum merklich zu; die aus dem Weizensamen getrockneten Organe wiegen¹⁾, getrocknet, im Ganzen nicht mehr als der Same, ihr relatives Verhältniss an stickstofffreien und stickstoffhaltigen Stoffen ist beinahe unverändert wie im Mehlkörper, dessen Bestandtheile im eigentlichen Sinne nur andere Formen angenommen haben. Zusammengenommen repräsentiren die Blätter, Wurzeln, Stengel, Blatt- und Wurzelknospen die in Werkzeuge und Apparate umgeformten Samenbestandtheile, denen jetzt das Vermögen zukommt, gewisse Arbeiten zu verrichten, welche darin bestehen, dass sie einen chemischen Process unterhalten, durch welchen, aus unorganischen Stoffen von aussen, unter Mitwirkung des Sonnenlichtes, Producte erzeugt werden, die in allen Eigenschaften denen gleichen, aus welchen sie selbst entstanden sind.

Der organische Vorgang der Zellenbildung setzt das Vorhandensein des Protoplastems voraus und ist unabhängig von dem chemischen Process, der dieses selbst erzeugt; der letztere bedingt die Fortdauer der Zellenbildung.

In der jungen Pflanze, die sich in reinem Wasser entwickelt hat, schliesst der Mangel an den äusseren Bedingungen zur Unterhaltung des chemischen Processes diesen selbst aus. Die Blätter und Wurzeln derselben verrichten als Werkzeuge keine Arbeit; sie erzeugen beim Abschluss von Nahrung keine Producte, welche ihr Fortbestehen ermöglichen. Bis zu einem gewissen Umfange entwickelt, hört in ihnen selbst die Zellenbildung auf; aber der Zellenbildungsprocess setzt sich in den neu entstandenen Wurzel- und Blattknospen fort, die sich jetzt zu dem beweglichen Inhalte der bereits vorhandenen Blätter und Wurzeln verhalten, wie die Keimknospe des Weizensamens zu dem Mehlkörper; die stickstofffreien und stickstoffhaltigen Bestandtheile derselben, welche das Arbeitscapital der bereits gebildeten Blätter und Wurzeln darstellen, werden, indem diese absterben, in neue Werkzeuge umgeformt, es entwickeln sich neue Blätter auf Kosten der Bestandtheile der alten. Aber

¹⁾ Ein Gerstenkorn trieb in reinem Wasser drei Wurzeln, die mittlere von 30 cm Länge, und drei Blätter, das erste von 25 cm Länge; die ganze Pflanze hatte nach dem Trocknen sehr nahe das mittlere Gewicht eines Gerstenkorns.

diese Vorgänge haben nur eine geringe Dauer, nach einer Reihe von Tagen stirbt die junge Pflanze völlig ab. Der äussere Grund ihres kurzen Bestehens ist zunächst der Mangel an Nahrung, einer der inneren ist der Uebergang der löslichen stickstofffreien Substanz in Cellulose oder Holzzelle, durch welche sie ihre Beweglichkeit verliert; mit ihrer Abnahme vermindert sich die nothwendigste Bedingung zur Zellenbildung, die mit ihrem Verbrauche völlig aufhört. Die abgestorbenen Blätter hinterlassen beim Verbrennen eine gewisse Menge Asche und behalten demnach eine gewisse Menge von Mineralsubstanzen zurück, und ebenso bleibt darin eine kleine Menge stickstoffhaltiger Substanz.

Das Bemerkenswerthe in dieser Entwicklung ist das Verhalten des stickstoffhaltigen Stoffes des Samens, er wurde zu einem Bestandtheil der Wurzelfasern, Stengel und Blätter, und vermittelte an diesen Orten die Zellenbildung; nach dem Absterben der ersten Blätter wurde er zu einem Bestandtheil der folgenden und spielte in diesen, so lange noch Material zur Zellenbildung vorhanden war, zum zweiten und wiederholten Male dieselbe Rolle; ein eigentlicher Verbrauch desselben in der Pflanze findet in der That nicht statt, er macht keinen geformten Bestandtheil der Zelle aus.

Die Versuche von Boussingault über das Wachsthum der Pflanzen bei Ausschluss aller Stickstoffnahrung (*Annal. de chim. et de phys.* Ser. III, XLIII, p. 149) sind, obwohl anderer Gesichtspunkte wegen angestellt, ganz geeignet, jeden Zweifel über das oben angedeutete überaus wichtige Vermögen der stickstoffhaltigen Materie, den Lebensprocess in der Pflanze zu unterhalten, ohne dass sie selbst an Masse zunimmt, zu beseitigen.

Zu diesen Versuchen wurden Lupinen, Bohnen, Kresse in reinen gewaschenen und geglühten Bimsstein gesäet, welchem eine gewisse Menge Asche von Stalldünger und von ähnlichen Samenkörnern, wie die ausgesäeten, beigemischt war. Die Pflanzen wuchsen theilweise unter Glasglocken, in welchen kohlensäurehaltige Luft stets erneuert wurde. Die Luft sowie das zum Begiessen dienende Wasser waren von Ammoniak auf das Sorgfältigste befreit.

Die Resultate dieser Versuche waren folgende: Von einer Aussaat von 4,780 g Samen (Lupinen, Bohnen, Kresse), worin 0,227 g Stickstoff, wurden im geschlossenen Raume 16,6 g getrocknete Pflanzen geerntet, der Stickstoffgehalt des Bodens hinzugerechnet wurden 0,224 g Stickstoff wiedererhalten. In einem anderen Versuche, in welchem die Pflanzen, unter Abhaltung des Thaues und Regens, in freier atmosphärischer Luft wuchsen, wurden von 4,995 g Samen (Lupinen, Bohnen, Hafer, Weizen und Kresse) 18,73 g getrocknete Pflanzen geerntet. Der Same enthielt 0,2307 g Stickstoff, die Pflanzen und die Erde 0,2499 g; in der ersten Versuchsreihe waren alle Nahrungsstoffe der Pflanze bis auf den Stickstoff gegeben, die Hauptbedingungen zur Bildung stickstofffreier Substanz waren vorhanden, aber die der stickstoffhaltigen völlig ausgeschlossen.

Beim Wachsen einer Weizenpflanze in reinem Wasser und in freier Luft nimmt ihr Gewicht nicht zu, das normale Samenkorn enthält eine gewisse Menge Kali, Bittererde und Kalk, welche zum inneren organischen Bildungsprocess erforderlich sind, aber keinen Ueberschuss an diesen Mineralsubstanzen, welcher zur Vermittelung des chemischen Processes der Neuerzeugung von Protoplastems dienen konnte. Beim Ausschluss der Mineralsubstanzen wird Wasser, aber weder Kohlensäure noch Ammoniak von den Organen aufgenommen, jedenfalls sind die beiden letzteren, auch wenn sie durch das Wasser in die Pflanze übergeführt werden, ohne irgend einen Einfluss auf den im Innern vor sich gehenden Process, sie werden nicht zersetzt und keine Pflanzensubstanz aus ihren Elementen gebildet.

In Boussingault's Versuchen ist die Wirkung der zugeführten Mineralsubstanzen unverkennbar. Das Gewicht der erzeugten Pflanzenmasse war nahe $3\frac{1}{2}$ mal grösser als das des Samens, die Menge der stickstoffhaltigen Substanz war aber die nämliche wie im Samen; es waren also an stickstofffreier Substanz $2\frac{1}{2}$ mal mehr als das Samengewicht betrug, erzeugt worden; die Rechnung ergibt, dass der Stickstoff im Samen unter diesen Umständen die Erzeugung seines 56fachen Gewichtes an stickstofffreier Substanz, oder, was das Nämliche ist (den Kohlenstoffgehalt der letzteren nur zu 44 Procent angenommen), die Zersetzung seines 90fachen Gewichtes an Kohlensäure vermittelt hat.

Der Verlauf der Vegetation dieser Pflanzen giebt hinlänglichen Aufschluss über die Vorgänge in ihrem Organismus; sie entwickelten sich in den ersten Tagen kräftig, später gedrückt. Die zuerst entwickelten Blätter welkten nach einiger Zeit und fielen theilweise ab, dafür entwickelten sich andere, die sich ebenso verhielten, und die Vegetation scheint einen Punkt zu erreichen, wo das sich Neuentwickelnde auf Kosten des Absterbenden lebt. Eine Zwergbohne (welche 0,755 g wog) hatte vom 10. Mai an, an welchem Tage sie gesetzt wurde, bis zum 30. Juli 17 Blätter vollkommen entwickelt, von denen die 11 ersten am 30. Juli abgestorben waren, die Pflanze kam zum Blühen und lieferte am 22. August, an welchem Tage die Blätter beinahe ganz abgefallen waren, eine einzige kleine Bohne, welche 4 cg ($\frac{1}{19}$ von dem Gewicht der Samenbohne) wog; die ganze Ernte wog 2,24 g; sehr nahe dreimal mehr als der Same. Bei einer Roggenpflanze wurde deutlich wahrgenommen, wie mit der Entwicklung eines jeden jungen Blattes ein altes abstarb.

In der zweiten Versuchsreihe hatten die Pflanzen 1,92 mg Stickstoff (aus der Luft) aufgenommen und ein Mehrgewicht von 0,830 g an Pflanzensubstanz erzeugt, für 1 mg Stickstoff 43 mg stickstofffreie Substanz.

Der Unterschied in der Entwicklung einer Pflanze in reinem Wasser und, wie in Boussingault's Versuchen, in einem Boden, welcher die unverbrennlichen Nahrungsstoffe zu liefern vermochte, ist klar und

unzweideutig. Die erstgebildeten Organe empfangen in beiden Fällen ihre Elemente vom Samen, in beiden wurde zur Bildung der Cellulose in den Blättern, Wurzeln und Stengeln eine gewisse Menge von Mineralsubstanzen, sowie von löslicher stickstofffreier Substanz verbraucht und das Verhältniss derselben zur stickstoffhaltigen geändert; bei der im Wasser wachsenden war die Abnahme derselben dauernd, bei der anderen hingegen wurde eine gewisse Menge stickstofffreier Substanz neu erzeugt. Nichts kann gewisser sein, als dass in Boussingault's Versuchen durch die Zufuhr von Mineralsubstanzen die erstgebildeten Blätter die Fähigkeit empfangen, Kohlensäure aufzunehmen und zu zersetzen, ein Vermögen, welches die im reinen Wasser entwickelte Pflanze nicht besass, so zwar, dass ebenso viel lösliche stickstofffreie Substanz wiedererzeugt wurde, als in der Blatt- und Wurzelbildung durch den Uebergang der ursprünglich vorhandenen in Cellulose verbraucht worden war.

In den beweglichen Bestandtheilen der Pflanze war das relative Verhältniss der stickstofffreien und stickstoffhaltigen Samenbestandtheile nahe in gleicher Menge wie im Samen offenbar wiederhergestellt, beide wanderten durch den Stengel in jede neu entstehende Blätterknospe und nahmen Theil an der Entwicklung neuer Blätter, durch deren Arbeit bis zu einer gewissen Grenze der Abgang an stickstofffreier Substanz immer wieder gedeckt wurde, so dass derselbe Process sich Monate lang wiederholen konnte; in jedem der abgestorbenen Blätter (und Wurzelfasern) blieb von der stickstoffhaltigen Substanz eine gewisse Menge zurück und in der letzten Periode sammelte sich der bewegliche Rest derselben in der Samenschote und in dem Samenkorn an.

Die Zufuhr der Mineralsubstanzen hatte die Fortdauer des chemischen Processes in der Pflanze bewirkt und die Erzeugung stickstofffreier Substanzen vermittelt, durch ihre Gegenwart und durch die Mitwirkung der stickstoffhaltigen Materien wurde aus Kohlensäure neues Material zur Bildung von Zellenwänden erzeugt und die Lebensdauer bis zur normalen Grenze verlängert. Was hier ganz besonders in die Augen fällt, ist, dass eine verhältnissmässig so kleine Menge der vom Samen stammenden stickstoffhaltigen Substanz so lange Zeit hindurch die ihr zukommenden Functionen verrichten kann, ohne, wie es scheint, eine Veränderung zu erleiden, so dass ihr in dem lebenden Pflanzenleibe, der sie zu erzeugen und zu sammeln eingerichtet ist, eine gewisse Unzerstörlichkeit zukommen muss.

Berücksichtigt man, dass in dem erwähnten Versuche mit der Zwergbohne ein grosser Theil des Mehrgewichtes der erzeugten stickstofffreien Substanzen in den absterbenden Blättern von dem Pflanzenkörper wieder abfiel, so sieht man ein, dass die Zufuhr der Mineralsubstanzen beim Ausschluss der Stickstoffnahrung der Bohnenpflanze keinen Nutzen brachte.

Man versteht zuletzt, dass die in einer Bohne vorhandene Menge stickstoffhaltiger Substanz vielleicht genügend gewesen wäre, die Vegetation einer Nadelholzpflanze, welche ihre Blätter nicht verliert, auf

Jahre hinaus zu erhalten und viele hundert, vielleicht tausend Mal ihr Gewicht an Holzsubstanz hätte erzeugen können, und wie eine solche Pflanze auf einem dünnen, für andere Pflanzen so gut wie unfruchtbaren Boden bei spärlichster Zufuhr von Stickstoffnahrung gedeihen kann, wenn der Boden diejenigen Mineralsubstanzen zu liefern vermag, die zur Erzeugung stickstofffreier Materie unentbehrlich sind.

Der Zuwachs einer Pflanze ist im Wesentlichen eine Vergrößerung und Vermehrung der Werkzeuge der Ernährung, der Blätter und Wurzeln. Zur Vergrößerung eines Blattes und einer Wurzelfaser oder zur Hervorbringung eines zweiten Blattes und einer zweiten Wurzelfaser gehören die nämlichen Bedingungen, wie zur Erzeugung des ersten Blattes und der ersten Wurzelfaser. Diese Bedingungen lehrt uns die Analyse der Samen mit genügender Sicherheit kennen; die ersten Wurzeln und Blätter, deren Elemente der Samen geliefert hat, erzeugen in den normalen Verhältnissen der Ernährung aus gewissen Mineralsubstanzen organische Verbindungen, welche zu Theilen und Bestandtheilen ihrer selbst oder zu Bestandtheilen zweier oder mehrerer Blätter und Wurzeln werden, welche die nämlichen Elemente und identische Eigenschaften wie die ersten, d. h. das nämliche Vermögen besitzen, unorganische Nahrungsstoffe in organische Bildungsstoffe umzuwandeln. Es ist klar, dass zur Vergrößerung der ersten und zur Bildung neuer Blätter und Wurzeln stickstofffreie und stickstoffhaltige Stoffe in dem nämlichen Verhältnisse wie im Samen gedient haben müssen, und es wird hieraus wahrscheinlich, dass die organische Arbeit der Pflanze unter der Herrschaft des Sonnenlichtes in allen Perioden ihres Wachstums gleichförmig das nämliche Material und zwar ihre Samenbestandtheile erzeugt, welche, zu ihrem Aufbau verwendet, sich zu Blättern, Stengel und Wurzelsätern oder zuletzt zu Samen gestalten; die löslichen oder der Lösung fähigen Bestandtheile einer Knospe, Knolle oder der Wurzel eines perennirenden Gewächses sind identisch mit den Samenbestandtheilen. Die Halmpflanze erzeugt stickstoffhaltige und stickstofffreie Stoffe im nämlichen Verhältnisse wie im Mehlkörper, die Kartoffelpflanze erzeugt die Bestandtheile der Knolle, die zu Blättern und Stengel oder Wurzeln werden oder sich im unterirdischen Stengel zu Knollen wieder anhäufen, wenn die äusseren Bedingungen der Blatt- und Wurzelbildung nicht ferner günstig sind ¹⁾.

Während der Dauer des Wachstums der Pflanze behaupten, bei normaler Ernährung, die ersten wie die letzten Blätter und Wurzeln

¹⁾ Boussingault hat beobachtet, dass selbst Samen von 2 bis 3 Milligrm. Gewicht in absolut sterilem Boden Pflanzen erzeugen, bei denen alle Organe sich ausbilden, deren Gewicht aber nach Monaten, wenn sie in freier Luft und noch entschiedener in einer begrenzten Atmosphäre vegetiren, nicht viel mehr beträgt, als das des Samens; die Pflanzen bleiben zart, sie erscheinen in allen Dimensionen verjüngt und können wachsen, selbst blühen und Samen tragen, der nichts weiter, als einen fruchtbaren Boden bedarf, um wieder eine normale Pflanze zu erzeugen (Compt. rend. T. XLIV, p. 940).

ihre Existenz, weil sie ihre identischen Bestandtheile, aus denen sie selbst entstanden sind, aus der zugeführten Nahrung wieder erzeugen, deren Ueberschuss, den sie selbst zu ihrer eigenen Vergrösserung nicht bedürfen, den Orten der überwiegenden Bewegung oder Zellenbildung, dem Wurzelkörper und den Blattknospen oder den äussersten Spitzen der Wurzeln und Triebe, zuletzt, wie bei den Sommerpflanzen, den Organen der Samenbildung zuwandert, die mit der Samenreife den grössten Theil der in der ganzen Pflanze vorhandenen beweglichen Samenbestandtheile in sich aufnehmen.

Die Zufuhr der unverbrennlichen Nahrungsstoffe bewirkte die Bildung von stickstofffreier Substanz, von der ein Theil zur Bildung der Holzzelle verbraucht, ein anderer zu demselben Zwecke verwendbar blieb; die Zufuhr der Stickstoffnahrung bedingte die entsprechende Erzeugung von stickstoffhaltiger Materie, so dass das Protoplastem stets wieder hergestellt und so lange der chemische Process dauerte, vermehrt wurde.

Damit eine Pflanze blühe und Samen trage, scheint es bei vielen nothwendig zu sein, dass die Thätigkeit der Blätter und Wurzeln einen Ruhepunkt erreicht; erst von da an scheint der Zellenbildungsprocess nach einer neuen Richtung die Oberhand zu gewinnen und das vorhandene Bildungsmaterial, wenn es nicht weiter zur Ausbildung neuer Blätter und Wurzeln in Anspruch genommen wird, dient jetzt zur Bildung der Blüthe und des Samens. Mangel an Regen und damit an Zufuhr von unverbrennlichen Nahrungsstoffen beschränkt die Blattbildung und beschleunigt die Blüthezeit bei vielen Pflanzen. Trockene und kühle Witterung befördert die Samenbildung. In warmen und feuchten Klimaten tragen die Cerealien im Sommer gesäet wenig oder keinen Samen, und auf einem an Ammoniak armen Boden kommen die Wurzelgewächse weit leichter zum Blühen und Samentragen, als auf einem daran reichen.

Wenn zu dem normalen Verlauf der Vorgänge während des Wachstums der Pflanze ein ganz bestimmtes Verhältniss von stickstofffreien und stickstoffhaltigen Stoffen in dem Protoplastem gehört, welches in der Pflanze gebildet wird, so sieht man ein, dass der Mangel oder Ueberschuss der zu ihrer Erzeugung unentbehrlichen Mineralsubstanzen auf das Wachstum der Pflanze, auf die Blätter-, Wurzel und Samenbildung einen ganz entscheidenden Einfluss ausüben muss. Beim Mangel an stickstoffhaltigen und Ueberfluss an fixen Nahrungsstoffen würden stickstofffreie Stoffe in überwiegender Menge gebildet werden, welche, wenn sie die Form von Blättern und Wurzeln angenommen haben, von der stickstoffhaltigen Substanz eine gewisse Menge zurückhalten, so dass die Samenbildung, deren Hauptbedingung ein Ueberschuss von Protoplastem ist, beeinträchtigt wird. Ein Ueberschuss an Stickstoffnahrung bei einem Mangel an fixen Nahrungsstoffen wird der Pflanze selbst keinen Nutzen bringen, weil sie für ihre organische Arbeit stickstoffhaltige Substanzen nur im Verhältniss wie im Protoplastem verwenden kann und der Inhalt

der Zelle ohne Stoff zur Bildung ihrer Wände bedeutungslos für die Pflanze ist.

In dem Lebensprocess des Thieres bilden sich seine Organe aus den Elementen des Eies, seine geformten Bestandtheile sind stickstoffhaltig. Im Gegensatz zu dem Thiere sind die geformten Bestandtheile der Pflanze stickstofffrei, alle vegetativen Vorgänge sind Processe der Erzeugung ihrer Samenbestandtheile; die Pflanze lebt nur, insofern sie ihre Eibestandtheile und ihr Ei erzeugt, das Thier lebt nur, insofern es eben diese Eibestandtheile zerstört.

Auf einem und demselben für die Rüben- und Weizenpflanze gleich geeigneten Boden erzeugt die erstere auf die nämliche Menge stickstoffhaltiger Substanz doppelt soviel stickstofffreie, als die Weizenpflanze; es ist klar, dass wenn zwei Pflanzen in derselben Zeit ungleiche Mengen von Kohlenhydraten (Holz, Zucker, Stärkemehl) erzeugen, so müssen die Werkzeuge der Zersetzung die Einrichtung haben, nicht nur der zu zersetzenden Kohlensäure, welche den Kohlenstoff, und dem Wasser, welches den Wasserstoff lieferte, einen entsprechenden Raum und dem einwirkenden Lichte eine entsprechende Oberfläche darzubieten, sondern sie müssen auch dem Sauerstoff gestatten, ebenso rasch zu entweichen, als er frei geworden ist. Wenn man in dieser Beziehung die Blätter einer Weizenpflanze mit denen einer Turnipsrübe vergleicht, so ist der Unterschied im Umfang und Wasserreichthum in die Augen fallend; noch grössere Unterschiede giebt die mikroskopische Untersuchung zu erkennen. Die Weizenpflanze hat aufrecht stehende Blätter, die dem Lichte eine weit kleinere Oberfläche darbieten, als die Blätter des Rübengewächses, welche den Boden beschatten und die Austrocknung desselben und damit die Verdunstung der Kohlensäure aus dem Boden hindern. Die Spaltöffnungen sind auf dem Weizenblatte gleich dicht auf beiden Seiten, auf dem Rübenblatte sind sie weit zahlreicher, obwohl kleiner als auf dem Weizenblatte, und es befindet sich eine bei weitem grössere Anzahl derselben auf der dem Boden zugekehrten Seite, als auf der oberen.

Alle Thatfachen, die wir über die Ernährung der Gewächse kennen, beweisen, dass der Vorgang der Aufnahme ihrer Nahrungsstoffe kein einfacher osmotischer Process ist, sondern dass ihre Wurzeln in Beziehung auf die Menge und Natur der durch sie in die Pflanze übergehenden Stoffe eine ganz bestimmte thätige Rolle übernehmen.

Am augenscheinlichsten zeigt sich der Einfluss der Wurzeln in der Vegetation der Seegewächse und Süsswasserpflanzen, deren Wurzeln mit dem Boden nicht in Berührung sind.

Diese Pflanzen empfangen ihre unverbrennlichen Nahrungsstoffe aus einer Lösung, in welcher sie auf das Gleichförmigste verbreitet und gemischt sind; die vergleichende Analyse des Wassers und der Aschenbestandtheile dieser Pflanzen zeigt, dass eine jede Pflanze ein anderes

Verhältniss Kali, Kalk, Kieselsäure, Phosphorsäure aus der nämlichen Lösung aufnimmt.

In der Asche der Wasserlinse waren unter anderen enthalten auf:

| | |
|----------------|------------|
| Kochsalz . . . | 10 Theile, |
| Kali. | 22 „ |

Das Wasser, in dem sie wuchs, enthielt auf 10 Theile Kochsalz nur 4 Theile Kali. In der Pflanze war das relative Verhältniss der Schwefelsäure zur Phosphorsäure wie 10 : 14, in dem Wasser wie 10 : 3.

Ganz ähnliche Verhältnisse bieten die Seegewächse dar; das Seewasser enthält auf 25 bis 26 Theile Chlornatrium 1,21 bis 1,35 Theile Chlorkalium, aber die in diesem Wasser wachsenden Pflanzen enthalten mehr Kali als Natron; der Kelp der Orkney-Inseln, welcher aus der Asche mancher Fucus-Arten ¹⁾ besteht, enthält auf 26 Procent Chlorkalium nur 19 Procent Chlornatrium.

Das Seewasser enthält Mangan, aber in so ausserordentlich kleiner Menge, dass es der Analyse sicherlich entgangen wäre, wenn es sich nicht als constanter Bestandtheil in der Asche vieler Seegewächse vorfände, die Asche der *Padina pavogia* (eine Tangart) sogar über 8 Procent von dem Gewicht der trocknen Pflanze ²⁾. Durch gleiche Ursachen häufen sich in den Laminarien die im Seewasser in so ausserordentlich geringen Mengen vorkommenden Jodverbindungen an; Chlorkalium und Chlornatrium besitzen dieselbe Krystallgestalt und haben so viele Eigenschaften mit einander gemein, dass sie ohne Hinzuziehung chemischer Hilfsmittel nicht mit Bestimmtheit von einander unterschieden werden können; die Pflanze unterscheidet hingegen beide vollkommen, denn sie scheidet sie von einander und lässt für ein Aequivalent Kalium, das sie aufnimmt, über 30 Aequivalent Natrium im Wasser zurück. Mangan und Eisen, Jod und Chlor sind ebenfalls isomorph, aber die Jodpflanze scheidet einen Gewichtstheil Jod von mehreren Tausend Gewichtstheilen Chlor im Seewasser ab.

Die bekannten Gesetze der Osmose und der Diffusion oder des Austausches von Wasser und Salzen durch eine todte Membran oder einen porösen Mineralkörper geben nicht den geringsten Aufschluss über die Wirkung, welche die lebende Membran auf die in einer Flüssigkeit gelösten Salze und auf ihren Durchgang und ihre Aufnahme in die Pflanze ausübt. Die Beobachtungen von Graham (Phil. Mag. 4 Ser. Aug. 1850)

¹⁾ Siehe die Analyse der Asche von Fucus-Arten von Gödechens (Annal. d. Chem. u. Pharm. LIV, 351).

²⁾ Um einen Begriff zu geben von der ausserordentlich grossen Kraft, womit diese Pflanze das Mangan aus dem Seewasser anzieht, will ich anführen, dass dessen Menge so gering ist, dass ich nur im Stande war, es mit Bestimmtheit nachzuweisen, als ich das von 20 Pfund Seewasser gewonnene Eisenoxyd einer genauen Untersuchung unterzog (Forchhammer in Poggendorff's Annalen XCV, S. 84).

zeigen, dass Materien, welche eine chemische Action auf die thierische Membran auszuüben vermögen, wie kohlensaures Kali, Aetzkali, die sie zum Schwellen bringen und nach und nach zersetzen, den Durchgang des Wassers ganz ausserordentlich befördern ¹⁾, und er bemerkt, dass in allen Theilen des Pflanzengebäudes in den Membranen und den Zellen, aus welchen sie bestehen, vor sich gehende unaufhörliche Veränderungen, Zersetzungen und Neubildungen, Vorgänge, für welche wir kein Maass besitzen, den osmotischen Process gänzlich ändern müssen, so dass also der Durchgang der Mineralsubstanzen durch die lebende Pflanzenmembran nach sehr zusammengesetzten Gesetzen erfolgt.

Die Landpflanzen verhalten sich zu dem Boden, in welchem sie wachsen, in ähnlicher Weise, wie die Seegewächse zum Seewasser. Ein und dasselbe Feld bietet den Pflanzen die Alkalien, alkalischen Erden, die Phosphorsäure und das Ammoniak in vollkommen gleicher Form und Beschaffenheit dar, aber keine Pflanzenasche ist in den relativen Verhältnissen ihrer Bestandtheile der Asche einer anderen Pflanze gleich; selbst die Schmarotzerpflanzen, die ihre mineralischen Bestandtheile, in einer gewissen Weise zubereitet, von anderen Pflanzen empfangen, verhalten sich, wie z. B. *Viscum album*, nicht wie ein aufgepfropfter Zweig zum Baum, sondern sie nehmen aus dem rohen Nahrungssaft ganz andere Verhältnisse davon auf (*Annal. d. Chem. u. Pharm. L*, 363). Da der Boden in Beziehung auf die Zufuhr dieser Stoffe vollkommen passiv sich verhält, so müssen Ursachen in der Pflanze selbst wirksam sein, die je nach ihrem Bedürfniss ihre Aufnahme regelt.

Die Beobachtungen von Hales (siehe Anhang) zeigen, dass die Verdunstung an der Oberfläche der Blätter und Zweige einen mächtigen Einfluss auf die Bewegung der Säfte und die Aufnahme von Wasser aus dem Boden ausübt, und wenn die Pflanze ihre mineralischen Nahrungsmittel aus einer Lösung empfängt, die sich im Boden bewegt und unmittelbar in die Wurzel übergeht, so müsste diese Ursache zwei Pflanzen verschiedener Gattung oder Art, die in gleichen Verhältnissen wachsen, die nämlichen Mineralsubstanzen in denselben relativen Verhältnissen zuführen, aber, wie bemerkt, zwei solcher Pflanzen enthalten diese Stoffe in den allerungleichsten Verhältnissen.

¹⁾ Das Wasser in den Röhren seines Osmometers stieg bei einem Gehalte von $\frac{1}{10}$ Procent kohlensauren Kalis auf 167 Millimeter, bei 1 Procent auf 863 Millimeter (38 englische Zoll). In einem anderen Versuche stieg das Wasser bei einem Gehalte von 1 Procent schwefelsauren Kalis auf 12 Millimeter, beim Zusatz von $\frac{1}{10}$ Procent kohlensauren Kalis zu dieser Lösung auf 254 bis 264 Millimeter, dieselbe Kalilösung für sich nur auf 92 Millimeter. Von einem osmotischen Aequivalente kann, wenn die Membran chemisch verändert wird, keine Rede sein.

Die neuesten Untersuchungen Graham's über den Durchgang krystallinischer und der Krystallisation unfähiger Substanzen sind besonders merkwürdig und versprechen über die Vorgänge im thierischen Organismus ein helleres Licht zu verbreiten.

Thatsache ist, dass in Beziehung auf die Aufnahme der Nahrung durch die Wurzeln eine Auswahl statt hat. Bei den Wasserpflanzen, die unter Wasser wachsen, ist die Verdunstung als eine möglicherweise wirkende Ursache des Uebergangs völlig ausgeschlossen, und es muss bei diesen die aufnehmende Oberfläche eine sehr ungleiche Anziehung auf die verschiedenen Stoffe äussern, welche die Lösung in gleicher Form und Beweglichkeit darbietet, oder, was das Nämliche ist, es müssen ihrem Durchgang durch die äussersten Zellschichten ungleiche Widerstände entgegenstehen. Bei den Wurzeln der Landpflanzen kann, nach dem ungleichen Verhältnisse der übergegangenen Stoffe zu schliessen, dies nicht anders sein.

Das Vermögen der Wurzeln, den Uebergang gewisser Stoffe aus dem Boden in die Pflanze auszuschliessen, ist nicht absolut; in dem Holz der Buche, Birke, Föhre hat Forchhammer (Poggend. Annal. XCV, 90) Blei, Zink, Kupfer, in dem der Eiche Zinn, Blei, Zink, Kobalt in äusserst kleinen Spuren nachgewiesen, und der Umstand, dass namentlich die äusserste Rinde oder Borke Metalle dieser Art in bemerklich grösserer Menge als das Holz enthält, deutet schon darauf hin, dass ihre Gegenwart zufällig ist, und dass sie in dem Pflanzenleben keine Rolle spielen.

Wie klein die Mengen dieser Metalle sein müssen, welche die Wurzeln dieser Bäume aufnehmen, wird man danach beurtheilen können, dass die chemische Analyse bis jetzt nicht im Stande gewesen ist, ausser Mangan und Eisen Spuren von einem der anderen Metalle im Wasser der Brunnen, Bäche oder Quellen nachzuweisen, und ihr Vorkommen in diesen Holzpflanzen, welche während eines halbhundertjährigen Wachstumes und länger, ungeheure Mengen von Wasser aufgenommen und verdunstet haben, ist der einzige Beweis, den wir besitzen, dass dieses Wasser wirklich diese Metalle in irgend einer Form enthalten haben muss.

Die Beobachtungen von de Saussure, Schlossberger und Herth, Knop etc. zeigen, dass die Wurzeln von Land- und Wasserpflanzen aus sehr verdünnten Salzlösungen Wasser und Salz in ganz anderen Verhältnissen in sich aufnehmen, als die Flüssigkeit enthält, in allen Fällen ein grösseres Verhältniss von Wasser und eine kleinere Menge von Salz. In Pflanzen, die mit verdünnten Lösungen von Barytsalzen begossen wurden, fand Daubeny keinen Baryt, den Knop in ähnlichen Versuchen bei anderen nachwies. Das allgemeine Ergebniss aller dieser Versuche ist, dass die Pflanzen für sich das Vermögen nicht besitzen, der chemischen Wirkung von Salzen und anderen unorganischen Verbindungen auf die unendlich feine Wurzelmembran einen dauernden Widerstand entgegenzusetzen.

Die grosse Mehrzahl aller Landpflanzen vertragen in ihrem natürlichen Zustande im Boden keine Salzlösungen von der Concentration, wie sie in diesen Experimenten angewendet wurden, ohne zu kränkeln und abzusterben, und es wirken sogar kohlensaures Kali und Ammoniak,

Stoffe, von denen wir mit Bestimmtheit wissen, dass sie Nährstoffe sind, auf viele Pflanzen als Gifte ein, wenn sie im Wasser, welches sich im Boden bewegt, nur in so geringer Menge vorhanden sind, dass dieses rothes Lackmuspapier deutlich bläut. Es wäre andererseits sehr wunderbar, wenn die Wurzeln einer Pflanze ausserhalb des Bodens und in Verhältnissen, die ihrer Natur nicht entsprechen, unter dem Einfluss der Verdunstung für Salzlösungen undurchdringlich wären¹⁾.

Von einem ganz anderen Gesichtspunkte, als wie die Metalle, welche Forchhammer in Holzpflanzen fand, müssen diejenigen Mineralsubstanzen angesehen werden; welche, wie das Eisen, constant, wenn auch in sehr kleinen Mengen, in allen Pflanzen vorkommen.

Wir kennen die Rolle, welche das Eisen im thierischen Organismus spielt, in dem es verhältnissmässig in nicht grösserer Menge vorkommt, als im Getreidesamen, und sind vollkommen überzeugt, dass ohne einen gewissen Eisengehalt in der Nahrung der Thiere die Bildung der Blutkörperchen, welche eine Hauptfunction des Blutes vermitteln, unmöglich ist, und wir sind gezwungen, dem Abhängigkeitsgesetz gemäss, welches das Leben der Thiere und Pflanzen verkettet, auch dem Eisen in der Pflanze einen thätigen Antheil an ihren Lebensfunctionen zuzuschreiben, so zwar, dass mit dessen Ausschluss ihr Bestehen gefährdet wird.

Bis jetzt hat die Chemie nur denjenigen unverbrennlichen Stoffen einen bestimmten Antheil an dem Lebensprocess der Pflanzen zugeschrieben, welche allen gemein sind, und die nur in ihren relativen Verhältnissen in den Pflanzen abweichen; wenn aber die Vermuthung sich bestätigt, dass das Eisen ein constanter Bestandtheil des Blattgrüns und mancher Blumenblätter ist, so kann man sich denken, dass andere in den Pflanzenvarietäten constant vorkommende Metalle, wie Mangan in der Pavonia und Zostera, der Trapa natans, vielen Holzpflanzen und manchen Getreidearten und der Theestaude, Antheil an den vitalen Functionen nehmen und gewisse Eigenthümlichkeiten davon abhängig sind. Die Viola calaminaria, welche so charakteristisch für die Zinklager bei Aachen ist, dass man neue Fundorte der Zinkerze nach dem Standorte der Pflanze aufgesucht hat, enthält in ihrer Asche Zinkoxyd (Alex. Braun).

¹⁾ Wenn der eine lange Schenkel einer heberförmig gebogenen, mit Wasser gefüllten, mit dicker Schweins- oder Ochsenblase verschlossenen Röhre in Salzwasser oder Oel gestellt und der andere Schenkel der Luft ausgesetzt wird, so verdunstet das Wasser in den Poren der Blase, womit der kurze Schenkel verschlossen ist; durch die capillare Wirkung der Blase wird das in Gasform ausgeflossene Wasser auf der anderen Seite der Blase wieder aufgenommen, und es entsteht in dieser Weise in dem Innern der Röhre ein leerer Raum und in Folge desselben ein vermehrter Druck auf die beiden Blasenoberflächen, wodurch das Salzwasser oder das Oel durch die Blase in die Röhre eingetrieben wird. (Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung von J. v. Liebig, Braunschweig bei Fr. Vieweg und Sohn 1848, S. 67.) Eine Pflanze kann sich in gleichen Verhältnissen nicht anders verhalten, als eine mit durchdringlichen porösen Membranen geschlossene Röhre.

So wie das Chlornatrium (Kochsalz) und Chlorkalium für manche Pflanze eine Bedingung ihres Gedeihens ist, so spielt offenbar das Jodkalium in anderen eine ähnliche Rolle, und wenn man die eine als eine Chlorpflanze bezeichnet, so wird man mit gleichem Rechte andere als Jodpflanzen oder Manganpflanzen ¹⁾ (Fürst Salm-Horstmar) bezeichnen können. Die Ungleichheit in dem Gehalte an Jod in verschiedenen Varietäten von *Fucus* (Goedeckens) oder von Thonerde in *Lycopodium*-Arten (Graf Laubach) ist freilich unerklärt, allein das Vermögen der Pflanzen, Stoffe, wie das Jod, dem Seewasser, in dem sie wachsen, auch in der kleinsten Menge zu entziehen und in ihrem Organismus anzuhäufen und festzuhalten, kann nur dadurch erklärt werden, dass sie in der Pflanze selbst mit gewissen Theilen derselben eine Verbindung eingegangen sind, wodurch ihre Rückkehr in das Medium, dem sie entzogen worden sind, so lange die Pflanze lebt, verhindert wird ²⁾.

Man könnte sich denken, dass in einer Pflanze in Beziehung auf die aus der Luft und dem Boden aufgenommenen Stoffe ein Zustand der Sättigung besteht, und dass alle Stoffe ohne Unterschied, welche die Lösung im Boden darbietet, oder unter Mitwirkung der Wurzeln löslich gemacht wurden, aufgenommen werden. Unter diesen Verhältnissen könnte natürlich nur derjenige Stoff in der Pflanze von Aussen übergehen oder angezogen werden, welcher aus der Lösung innerhalb zu einem Bildungszweck derselben entzogen wird; die *Nymphaea alba* und *Arundo phragmites* nehmen nach den Untersuchungen von Schultz-Fleeth aus demselben Boden und Wasser die erstere nahe 13 Procent, die andere 4,7 Procent Aschenbestandtheile und darin Kieselsäure in der ungleichsten Menge auf. Die Asche der *Nymphaea* enthält noch nicht $\frac{1}{3}$, die des Rohrs über 71 Procent. Nach der eben angedeuteten Ansicht wird den Wurzeln beider Pflanzen gleichviel Kieselsäure dargeboten und sie nehmen, dem Volum des Saftes entsprechend, gleichviel davon auf. In der Rohrpflanze wird die aufgenommene Kieselsäure dem Saftes unausgesetzt entzogen und in den Blättern, Blatträndern, Blattscheiden u. s. w.

¹⁾ Die Untersuchungen der folgenden Wasser-(Sumpf-)Pflanzen ergaben in ihrer Asche beträchtliche Mengen von Mangan und Eisen; von Mangan enthielt das Wasser keine Spuren: *Victoria regia* (im Blattstiele vorzüglich Mangan, im Blatte Eisen), *Nymphaea coerulea*, *dentata*, *lutea*, *Hydrocharis Humboldtii*, *Nelumbium asperifolium* (Zöller).

²⁾ In Beziehung auf den Kupfergehalt des Weizen- und Roggensamens, welchen Meier in Kopenhagen als constanten Bestandtheil in beiden nachgewiesen hat, sagt Forchhammer (Poggendorff's Annal. XC, 92): „Es ist ein durch lange Praxis bewährtes Mittel, die Weizenkörner, welche zur Saat bestimmt sind, in einer Auflösung von schwefelsaurem Kupfer einzuweichen. Die gewöhnliche Erklärung dieser Erfahrung ist, dass der Kupfervitriol die Keime der Schwämme vernichte, welche den Weizen angreifen, eine Erklärung, von der ich auf keine Weise behaupten will, dass sie unrichtig sei; man könnte sich aber auch denken, wenn das Kupfer für den Weizen nothwendig ist, dass man durch dieses Mittel dem Mangel an dem zum kräftigen Wachsthum des Weizens nothwendigen Kupfer abhilft.“

in festem Zustande abgelagert. Der Saft innerhalb enthält weniger wie die Lösung ausserhalb, und es würde in Folge davon neue Kieselsäure von Aussen aufgenommen, bei der *Nymphaea* aber nicht, weil die übergegangene in dieser nicht verbraucht wird.

Nimmt man für den Uebergang der Kohlensäure und Phosphorsäure denselben Grund an, so besitzt die Pflanze kein eigentliches Wahlvermögen, sondern der Uebergang der Nahrungsstoffe wird durch osmotische Verhältnisse bedingt.

Es kann zwar nicht geleugnet werden, dass das Wachsen selbst oder die Zunahme an Masse eine Bedingung der Aufnahme der Nahrungsstoffe ist; denn so wie es sicher ist, dass eine Pflanze nicht wächst, wenn ihr keine Nahrung dargeboten wird, so ist es eben so gewiss, dass sie keine Nahrung aufnimmt, wenn die äusseren Bedingungen dem Wachthume nicht günstig sind; allein die oben angedeutete Ansicht zwingt zu Voraussetzungen, die sich in der Natur nicht begründen lassen; die eine z. B. ist, dass sich ausserhalb der Wurzeln wirklich eine Lösung befinde, die alle Aschenbestandtheile der Gewächse enthält, die andere, dass die Wurzeln der Pflanzen insgesamt eine ähnliche Structur und der Saft derselben die nämliche Beschaffenheit besitzen.

Was die Wurzeln betrifft, so scheinen die gewöhnlichsten Beobachtungen zu beweisen, dass sie ein verschiedenes Aneignungsvermögen für mineralische Nahrung besitzen, was sich in einer ungleichen Anziehung äussert; nicht alle gedeihen gleich gut in jedem Boden, die eine Pflanze in weichem, die andere in hartem oder kalkreichem Wasser, andere nur in Sümpfen, manche auf kohlenstoff- und säurereichen Feldern, wie die Torfpflanzen, andere wieder nur auf solchen, welche reichliche Mengen von alkalischen Erden enthalten. Viele Moose und Flechten wachsen nur auf Steinen, deren Oberfläche sie merklich verändern, andere, wie die *Köleria*, vermögen dem Kieselsande die spärlich beigemengte Phosphorsäure und das Kali zu entziehen; die Graswurzeln greifen die feldspathigen Gesteine an, deren Verwitterung dadurch beschleunigt wird. Die Rüben, *Espargette* und *Luzerne* sowie die Eiche und Buche empfangen die Hauptmasse ihrer Nahrung aus dem an Humus armen Untergrund, während die Halm- und Knollengewächse vorzugsweise in der Ackerkrume und im humusreichen Boden gedeihen; die Wurzeln vieler Schmarotzerpflanzen sind vollkommen unfähig, der Erde die ihnen nöthige Nahrung zu entziehen, und es sind die Wurzeln anderer Pflanzen, die sie ihnen zubereiten; wieder andere, wie die Pilze, entwickeln sich nur auf Pflanzen- und Thierüberresten, deren stickstoffhaltige und stickstofffreie Bestandtheile sie zu ihrem Aufbau verwenden.

Diese Thatfachen in ihrer richtigen Bedeutung erkannt, scheinen jeden Zweifel über die ungleiche Wirkung der Wurzeln der Pflanzen auf den Boden zu beseitigen, sowie wir denn wissen, dass das gemeine *Lycopodium* und Farnkraut Thonerde aufnehmen, die wir aber in der Form, in welcher sie in jeder fruchtbaren Erde vorkommt, nicht als löslich in

reinem und kohlensaurem Wasser kennen und welche in keiner anderen Pflanze nachgewiesen werden kann, die neben dem *Lycopodium* auf dem nämlichen Boden wächst; in gleicher Weise hat Schultz-Fleeth in dem Wasser, in welchem sich *Arundo phragmites*, eine der an Kieselsäure reichsten Pflanzen, entwickelt, in 1000 Theilen keine durch das Gewicht bestimmbare Menge Kieselsäure vorgefunden.

D e r B o d e n .

Aus dem Boden empfangen die Gewächse die zu ihrer Entwicklung nöthige Nahrung, und es ist die Bekanntschaft mit seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften für das Verständniss des Ernährungsprocesses der Gewächse und der Operationen des Feldbaues von Wichtigkeit. Es ist selbstverständlich, dass ein Boden, um fruchtbar für die Culturgewächse zu sein, als erste Bedingung die Nahrungsmittel derselben in genügender Menge enthalten muss; allein die chemische Analyse, welche dieses Verhältniss bestimmt, giebt nur selten einen richtigen Maassstab zur Beurtheilung der Fruchtbarkeit verschiedener Bodenarten ab, weil die darin enthaltenen Pflanzennahrungsmittel, um wirksam oder aufnahmefähig zu sein, eine gewisse Form und Beschaffenheit besitzen müssen, welche die Analyse nur unvollkommen anzeigt.

Der rohe Boden, sowie die Erde, welche aus dem Staub und getrocknetem Schlamm der Landstrassen entsteht, bedeckt sich nach kurzer Zeit mit Unkrautpflanzen, und während er für die Cultur von Halm- und Küchengewächsen oft noch ungeeignet ist, ist er darum nicht unfruchtbar für andere Pflanzen, welche, wie Klee, Esparsette und Luzerne, einer grossen Menge Nahrung bedürfen, und die wir häufig auf Abhängen von Eisenbahndämmen, die aus nie cultivirter Erde aufgeschüttet sind, mit Ueppigkeit gedeihen sehen. Ein ähnliches Verhältniss zeigt der Untergrund vieler Felder; bei manchen verbessert die Erde aus tieferen Schichten die Ackerkrume und macht sie fruchtbarer, bei anderen wirkt der Untergrund, der Ackerkrume beigemischt, geradezu als Gift.

Der rohe, für Halm- und Küchengewächse unfruchtbare Boden bietet die bemerkenswerthe Erscheinung dar, dass er allmählig durch fleissige, mehrjährige Bearbeitung und durch den Einfluss der Witterung fruchtbar für Pflanzen wird, die er sonst nicht trägt; und es kann der Unterschied zwischen fruchtbarer Ackerkrume und unfruchtbarem rohen Boden

nicht auf einer Ungleichheit in ihrem Gehalte an Nahrungsstoffen beruhen, weil in der Cultur im Grossen bei Ueberführung des rohen Bodens in fruchtbare Ackererde der erstere nichts empfängt, sondern durch den Bebau mit anderen Pflanzen eher ärmer gemacht als bereichert wird.

Der Unterschied zwischen dem Untergrund und der Ackerkrume oder dem rohen und cultivirten Boden kann bei gleichem Gehalt an Nahrungsstoffen nur darin begründet sein, dass der cultivirte Boden die Nahrungsstoffe der Gewächse nicht nur in einer gleichförmigen Mischung, sondern auch in einer anderen Form enthält.

Da nun durch die erwähnten Ursachen der rohe Boden das Vermögen empfängt, die in ihm vorhandenen Nahrungsstoffe in eben der Menge und der nämlichen Zeit wie der cultivirte Boden abzugeben, Eigenschaften, die ihm für gewisse Pflanzen früher abgingen, so kann nicht geleugnet werden, dass in der Art und Weise, wie diese Stoffe ursprünglich darin vorhanden waren, eine Aenderung vor sich gegangen ist.

Wenn wir uns eine Erde denken, die aus den Trümmern von Gebirgsarten entstanden ist, so sind in den kleinsten Theilen derselben die Nahrungsstoffe der Pflanzen, das Kali z. B., in einem Silicate, durch die chemische Anziehung der Kieselsäure, der Thonerde u. s. w., festgehalten, welche durch eine mächtigere Anziehung überwunden werden muss, wenn das Kali frei und übergangsfähig in die Pflanze werden soll, und wenn gewisse Pflanzen in einer solchen Erde sich vollständig entwickeln können, während sie für andere unfruchtbar ist, so muss vorausgesetzt werden, dass die ersteren die chemischen Widerstände zu überwinden vermögen, die anderen nicht, und wenn der nämliche Boden nach und nach fruchtbar auch für diese anderen wird, so kann der Grund nur darin gesucht werden, dass durch die vereinigten Wirkungen der Atmosphäre, des Wassers und der Kohlensäure, sowie durch die mechanische Bearbeitung die chemischen Widerstände überwunden und die Nährstoffe in eine Form gebracht worden sind, in der sie übergangsfähig durch die Wirkung schwacher Anziehungen, oder wie man häufig sagt, aufnehmbar durch Pflanzen mit der schwächsten Vegetationskraft werden.

Ein Boden ist nur dann vollkommen fruchtbar für eine Pflanzenart, für Weizen z. B., wenn jeder Theil seines Querschnittes, der mit Pflanzenwurzeln in Berührung ist, die für den Bedarf der Weizenpflanze erforderliche Menge Nahrung in einer Form enthält, welche den Wurzeln gestattet, sie in jeder Periode der Entwicklung der Pflanze in der richtigen Zeit und in richtigem Verhältnisse aufzunehmen.

Die Eigenschaft der Ackerkrume, die den Gewächsen wichtigsten Nahrungsmittel, wenn sie in reinem oder kohlensaurem Wasser gelöst damit in Berührung kommen, diesen Lösungen zu entziehen, ist allgemein bekannt; dieses Vermögen verbreitet Licht über die Form und Beschaffenheit, in welcher diese Stoffe im Boden enthalten oder gebunden sind.

Um diese Eigenschaft in ihrer Bedeutung für das Pflanzenleben richtig zu würdigen, ist es nothwendig, sich an die Kohle zu erinnern,

welche, wie die Ackerkrume, Farbstoffe, Salze und Gase vielen Flüssigkeiten entzieht.

Dieses Vermögen der Kohle beruht auf einer Anziehung, die von ihrer Oberfläche ausgeht, und es haften die der Flüssigkeit entzogenen Stoffe an der Kohle in ganz ähnlicher Weise, wie der Farbstoff an der Faser gefärbter Zeuge, welche damit überzogen ist.

Die Eigenschaft, gefärbte Flüssigkeiten zu entfärben, welche die thierische Wolle und Pflanzenfaser mit der Kohle theilen, wird bei der letzteren nur dann bemerkbar, wenn sie eine gewisse poröse Beschaffenheit besitzt.

Die gepulverte Steinkohle, die glänzende, glatte, blasige Zuckerkohle oder Blutkohle haben kaum eine entfärbende Wirkung, während die poröse Blutkohle oder die feinporige Knochenkohle in dieser Eigenschaft alle anderen übertreffen.

Auch bei der Holzkohle steht die grossporige Pappel- oder Fichtenkohle der Buchen- oder Buchsbaumholzkohle nach; alle diese Kohlensorten entfärben im Verhältniss zu ihrer den Farbstoff anziehenden Oberfläche. Die Kraft, mit welcher die Kohle die Farbstoffe anzieht, ist in ihrer Stärke der schwachen Verwandtschaft des Wassers zu den Salzen vergleichbar, die darin gelöst werden, deren chemischer Charakter dadurch nicht verändert wird. In der Lösung eines Salzes im Wasser ist das Salz flüssig, seine Theile sind beweglich geworden, in allem Uebrigen behält es seine Eigenthümlichkeiten, die bekanntlich bei Einwirkung einer stärkeren Verwandtschaft, als die des Wassers, vollkommen vernichtet werden.

In dieser Beziehung ist die Anziehung der Kohle der des Wassers ähnlich; das Wasser und die Kohle ziehen beide den gelösten Stoff an; ist die Anziehung der Kohle um etwas grösser als die des Wassers, so wird er demselben vollständig entzogen, ist sie bei beiden gleich, so theilen sie sich hinein und die Entziehung ist nur partiell.

Die von der Kohle angezogenen Stoffe behalten alle ihre chemischen Eigenschaften, sie bleiben was sie sind; sie haben nur ihre Löslichkeit im Wasser verloren, und sehr schwache, die Anziehung des Wassers im geringsten Grade verstärkende Eigenschaften reichen hin, um der Kohle die aufgenommenen ihre Oberfläche überziehenden Stoffe wieder zu entziehen. Durch einen schwachen Zusatz von Alkali zum Wasser kann man der Kohle, die zum Entfärben gedient hat, den Farbstoff, durch Behandlung mit Weingeist das aus einer Flüssigkeit aufgenommene Chinin oder Strychnin entziehen.

In allen diesen Eigenschaften verhält sich die Ackerkrume der Kohle gleich; eine verdünnte, braungefärbte, starkriechende Mistjauche durch Ackererde filtrirt, fliesst farb- und geruchslos hindurch, sie verliert aber nicht nur ihren Geruch und ihre Farbe, sondern auch das darin gelöste Ammoniak, das Kali und die Phosphorsäure werden der Flüssigkeit von der Ackererde je nach ihrer Quantität mehr oder weniger vollständig und noch in weit grösserem Maasse wie von der Kohle entzogen. Das

Gestein, aus welchem die Ackerkrume durch Verwitterung entstanden ist, besitzt in fein gepulvertem Zustande dieses Vermögen so wenig wie die gepulverte Steinkohle; ganz im Gegentheil werden manchen Silicaten durch Berührung mit reinem oder kohlensäurehaltigem Wasser Kali, Natron und andere Bestandtheile entzogen, und sie selbst können sie demnach dem Wasser nicht entziehen. Das Absorptionsvermögen der Ackererde für Kali, Ammoniak und Phosphorsäure steht in keinem bemerklichen Zusammenhang mit ihrer Zusammensetzung; eine thonreiche Erde mit wenigen Procenten Kalk besitzt es in gleichem Grade wie ein Kalkboden mit geringen Beimischungen von Thon; ihr Gehalt an humosen Stoffen ändert das Absorptionsverhältniss.

Die nähere Betrachtung giebt zu erkennen, dass das Absorptionsvermögen der Ackerkrume in eben dem Grade wie ihre Porosität oder Lockerheit abweicht, der dichte schwere Lehm und der am wenigsten poröse Sandboden besitzen sie im geringsten Grade.

Man kann nicht daran zweifeln, dass alle Gemengtheile der Ackererde an diesen Eigenschaften Theil haben, aber nur dann, wenn sie eine gewisse mechanische Beschaffenheit, ähnlich der Holz- oder Thierkohle, besitzen, und dass sie bei der Ackererde wie bei der Kohle auf einer Flächenanziehung beruht, die man darum als eine physikalische Anziehung bezeichnet, weil die angezogenen Theile keine eigentliche chemische Verbindung eingehen, sondern ihre chemischen Eigenschaften behaupten ¹⁾.

Die Ackerkrume ist aus Gesteinen und Gebirgsarten durch die Wirkung mächtiger mechanischer und chemischer Ursachen entstanden, die ihre Zertrümmerung, Zersetzung und Anschliessung bewirkt haben. Mit einem vielleicht nicht ganz zutreffenden Bilde verglichen, verhält sich das Gestein zu dem Product seiner Verwitterung, der Ackerkrume, wie das Holz oder die Pflanzenfaser zum Humus, der aus ihrer Verwesung entsteht.

Die nämlichen Ursachen, welche das Holz in wenigen Jahren in Humus verwandeln, wirken auch auf die Felsarten ein, aber es gehörte vielleicht ein Jahrtausend der vereinigten Wirkungen des Wassers, Sauerstoffs, der Kohlensäure dazu, um aus Basalt, Trachit, Feldspath, Porphyr eine linienhohe Schicht Ackerkrume, so wie man sie in den Ebenen von Flussthalern und Niederungen abgelagert findet, mit allen den chemischen und physikalischen Eigenthümlichkeiten zu bilden, die sie für die Ernährung der Pflanzen geeignet machen; so wenig wie die Sägespäähne die Eigenschaft des Humus besitzen, eben so wenig kommen den gepulverten Gesteinen die Eigenschaften der Ackerkrume zu; das Holz kann in Humus, das gepulverte Gestein in Ackererde übergehen, aber für sich betrachtet sind es grundverschiedene Dinge, und keine menschliche Kunst vermag die Wirkungen in den unmessbaren Zeiträumen nachzuahmen, welche

¹⁾ Unter physikalischer Anziehung wird hier nicht eine besondere anziehende Kraft, sondern die gewöhnliche chemische Affinität gemeint, die dem Grade nach in ihren Aeusserungen verschieden erscheint.

erforderlich waren, um die verschiedenen Gebirgsarten in fruchtbare Ackererde zu verwandeln.

Die Ackererde, als das Residuum der durch Verwitterung veränderten Felsarten, verhält sich in ihrem Absorptionsvermögen für unorganische gelöste Stoffe ganz wie das Residuum der durch den Einfluss der Hitze veränderten Holzfaser zu gelösten organischen Stoffen.

Es ist erwähnt worden, dass die Ackererde aus einer Lösung von kohlensaurem Kali, Ammoniak, oder von phosphorsaurem Kalk in kohlensaurem Wasser das Kali, Ammoniak und die Phosphorsäure entzieht, ohne dass ein Austausch mit den Bestandtheilen der Erde statthat. In dieser Beziehung ist die Wirkung der Ackererde der der Kohle vollkommen gleich, sie geht aber noch weiter.

Wenn nämlich das Kali und Ammoniak mit einer Mineralsäure verbunden sind, welche die stärkste Verwandtschaft dazu hat, so wird ihre Verbindung damit durch die Ackererde zersetzt, das Kali wird ebenso absorbirt, wie wenn die Säure nicht damit verbunden gewesen wäre.

In dieser Eigenschaft gleicht die Ackererde der Knochenkohle, welche durch ihren Gehalt an phosphorsauren alkalischen Erden viele Salze zersetzt, die von einer daran freien Kohle nicht verändert werden, und es haben an diesem Zersetzungsvermögen der Ackererde unzweifelhaft die darin stets vorhandenen Kalk- und Magnesiaverbindungen Antheil.

Wir müssen uns denken, dass die anziehende Kraft der Erdtheilchen für sich nicht stark genug wäre, um z. B. das Kali der Salpetersäure zu entziehen, und dass die Anziehung der Bittererde oder des Kalks zur Salpetersäure hinzukommen muss, um den Salpeter zu zersetzen. Von der einen Seite zieht die Erde das Kali, von der anderen der Kalk oder die Bittererde in der Erde die Salpetersäure an, und so geschieht durch den Einfluss einer zusammengesetzten Anziehung, wie in unzähligen Fällen in der Chemie, eine Trennung, welche durch eine einfache nicht erfolgen würde.

Nur darin weicht der Vorgang in der Ackererde von den gewöhnlichen chemischen Processen ab, dass bei den letzteren in der Regel kein lösliches Kalisalz durch ein unlösliches Kalksalz in der Art zersetzt wird, dass das Kali unlöslich und der Kalk löslich wird; es ist hierbei offenbar noch eine andere Anziehung thätig, welche die Wirkung der chemischen Verwandtschaft ändert. Wenn eine Lösung von phosphorsaurem Kalk in kohlensaurem Wasser durch einen Trichter voll Erde filtrirt wird, so nimmt zunächst die oberste Schicht der Erde die Phosphorsäure oder den phosphorsauren Kalk aus der Lösung auf; einmal damit gesättigt, hindert sie den Durchgang des gelösten phosphorsauren Kalkes nicht mehr, die Lösung gelangt mit ihrem vollen Gehalt an die darunter liegende Schicht, die sich wieder damit sättigt, und in dieser Weise verbreitet sich der phosphorsaure Kalk nach und nach vollständig in dem Trichter voll Erde, so dass jedes Theilchen derselben gleich viel davon an seiner Oberfläche festhält; wäre der phosphorsaure Kalk krapproth und die Erde

farblos, so würde diese das Ansehen eines Krapplacks haben. In ganz gleicher Weise verbreitet sich das Kali in der Erde, wenn man eine Lösung von kohlen-saurem Kali durchfiltrirt; die unteren Schichten empfangen, was die oberen nicht zurückhalten.

Es bedarf keiner besonderen Auseinandersetzung, um zu verstehen, dass der phosphorsaure Kalk in einem Körnchen Knochenmehl sich genau auf dieselbe Weise in der Ackererde verbreitet, mit dem Unterschiede, dass die Lösung des phosphorsauren Kalks in Regenwasser, welches Kohlensäure enthält, sich an dem Orte selbst bildet, wo das Körnchen liegt, und sich von da aus abwärts und nach allen Seiten hin verbreitet.

In ganz gleicher Weise verbreiten sich das Kali und die Kieselsäure, welche durch die Verwitterung oder durch die Wirkung von Wasser und Kohlensäure auf Silicate löslich geworden sind, sowie das Ammoniak, welches durch das Regenwasser zugeführt oder durch die Fäulniss der stickstoffhaltigen Bestandtheile der abgestorbenen Wurzeln der auf dem Felde aufeinanderfolgenden Pflanzenvegetationen gebildet worden ist.

Eine jede Erde muss demnach das Kali, die Kieselsäure und Phosphorsäure in zweierlei Formen, in chemisch und in physikalisch gebundenem Zustande, enthalten, in der einen Form unendlich verbreitet an der Oberfläche der porösen Ackerkrumethelchen haftend, in der anderen in Form von Körnchen Phosphorit oder Apatit und feldspathigen Gesteinen sehr ungleich vertheilt.

In einer an Silicaten und phosphorsaurem Kalke reichen Erde, welche Jahrtausende lang der lösenden Kraft des Wassers und der Kohlensäure ausgesetzt gewesen ist, werden die Theile derselben überall physikalisch mit Kali, Ammoniak, Kieselsäure und Phosphorsäure gesättigt sein, und es kann der Fall vorkommen, wie bei der sogenannten russischen Schwarzerde, dass sich im Untergrunde der gelöste aber nicht absorbirte phosphorsaure Kalk in Concretionen oder krystallisirt wieder absetzt.

In diesem Zustande der physikalischen Bindung besitzen die Nahrungsmittel offenbar die für den Pflanzenwuchs allergünstigste Beschaffenheit; denn es ist klar, dass die Wurzeln der Pflanzen an allen Orten, wo sie mit der Erde in Berührung sind, die ihnen nöthigen Nahrungsstoffe in diesem Zustande ebenso vertheilt und vorbereitet vorfinden, wie wenn diese Stoffe im Wasser gelöst wären, aber für sich nicht beweglich und mit einer so geringen Kraft festgehalten, dass die kleinste lösende Ursache, welche hinzukommt, hinreicht, um sie zu lösen und übergangsfähig in die Pflanze zu machen.

Nichts kann sicherer sein, als dass durch die mechanische Bearbeitung des Feldes und durch den Einfluss der Witterung die Ursachen verstärkt werden, welche die Verwitterung und Aufschliessung der Mineralien und die gleichmässige Verbreitung der darin vorhandenen und löslich werden den Pflanzennahrungsstoffe bedingen. Die chemisch gebundenen treten aus der Verbindung aus und empfangen in dem nach und nach in Ackerkrume übergehenden Boden die Form, in welcher sie vor der Pflanze am

leichtesten aufgezogen werden können und für sie am wirksamsten sind. Man versteht, dass der rohe Boden nur allmähig die Eigenschaften der Ackerkrume empfangen kann, und dass die Zeit des Uebergangs im Verhältniss steht zu der Menge der vorhandenen Nahrungsstoffe überhaupt und zu den Hindernissen, die sich ihrer Verbreitung oder der Verwitterung und Aufschliessung entgegensetzen. Die perennirenden Gewächse, namentlich die sogenannten Unkräuter, werden, weil sie der Zeit nach weniger brauchen und länger aufnehmen, auf einem solchen Boden zuerst, jedenfalls früher gedeihen als ein Sommergewächs, welches in seiner kürzeren Vegetationszeit weit mehr Nahrungsstoffe für seine volle Entwicklung vorfinden muss.

In eben dem Grade, als der Boden länger bearbeitet und cultivirt wird, wird er immer mehr für die Cultur der Sommergewächse geeignet, weil die Ursachen wiederkehren und fortwirken, durch welche die Pflanzennahrungsstoffe aus dem Zustand der chemischen in den der physikalischen Bindung übergeführt werden. Um im vollsten Sinne ernährungsfähig zu sein, muss der Boden an allen Stellen, die mit den Pflanzenwurzeln in Berührung sich befinden, Nahrung an sie abgeben können, und so wenig auch, der Menge nach, diese Nahrung betragen mag, so nothwendig ist es doch, dass der Boden allerorts dieses Minimum enthält.

Das Ernährungsvermögen des Bodens für die Culturgewächse steht hiernach in geradem Verhältnisse zu der Quantität der Nahrungsstoffe, die er im Zustande der physikalischen Sättigung enthält. Die Menge der anderen, die sich in chemischer Verbindung in der Erde verbreitet vorfinden, besitzt insofern eine hohe Wichtigkeit, als durch sie der Zustand der Sättigung wieder hergestellt werden kann, wenn die physikalisch gebundenen Nährstoffe dem Boden in einer Reihe von Culturen entzogen worden sind.

Durch den Anbau tiefwurzelnder Gewächse, welche die Hauptmasse ihrer Nahrung aus dem Untergrunde empfangen, wird der Erfahrung gemäss die Fruchtbarkeit der Ackerkrume für ein nachfolgendes Halmgewächs nicht merklich vermindert, aber diese können einander nicht folgen, ohne dass der Boden seine Fähigkeit verliert, nach einer verhältnissmässig kurzen Reihe von Jahren lohnende Ernten zu liefern.

Dieser Zustand der Erschöpfung ist bei der Mehrzahl der Culturfelder nicht dauernd; wenn der Boden ein oder mehrere Jahre brach liegt, und rascher noch wenn er in der Brachzeit fleissig bearbeitet wird, so empfängt er wieder das Vermögen, eine lohnende Ernte eines Halmgewächses zu liefern.

Wenn der Grund dieses für die Landwirthschaft überaus wichtigen und durch tausendjährige Erfahrung festgestellten Verhaltens, welches die chemische Analyse völlig unerklärt lässt, darauf beruht, dass die Halm-pflanze vorzugsweise von den physikalisch in der Ackerkrume gebundenen Nährstoffen lebt, so ist diese merkwürdige Erscheinung der wiedergewonnenen Ertragsfähigkeit, ohne alle Zufuhr durch Dünger, leicht verständlich.

Denn in dieser Form macht zwar diese Nahrung dem Gewicht nach nur einen kleinen Theil der Erde aus, ertheilt aber einem grossen Volumen derselben ihr Ernährungsvermögen, und es ist einleuchtend, dass wenn die Pflanze durch ihre unzähligen unterirdischen Aufsaugungsorgane der Erde diese physikalisch gebundenen Nährstoffe entzogen hat, ein Boden, der nicht sehr reich daran ist, sehr rasch für die Cultur dieser Pflanzen ungeeignet werden muss.

Wenn nun der cultivirte Boden seiner Hauptmasse nach aus Gemengtheilen besteht, welche identisch mit den Bestandtheilen des rohen Bodens sind, so versteht man, da die Ursachen unaufhörlich fortwirken, welche diese Gemengtheile zersetzen und einen Ortswechsel ihrer den Pflanzen dienlichen Bestandtheile bedingen, wie durch den Einfluss dieser Ursachen der erschöpfte Boden, der in diesem Falle nichts anderes ist, als der wieder in den rohen Zustand zurückgeführte Boden, die verlorenen Eigenschaften wieder erlangen muss. Indem ein Theil der chemisch gebundenen Nährstoffe in den Zustand der physikalischen Bindung übergeht, erlangt das Feld wieder das Vermögen, Nahrung an eine neue Vegetation in solcher Menge abzugeben, dass die Erträge im landwirthschaftlichen Sinne lohnend werden.

Ein erschöpftes Feld, welches durch die Brache wieder ertragsfähig wird, ist demnach ein solches, in welchem es an der Menge der zu einer vollen Ernte nöthigen Nährstoffe in physikalisch-gebundenem Zustande fehlt, während es einen Ueberschuss von chemisch gebundenen Nährstoffen enthält; Brachzeit heisst hiernach die Zeit, in welcher die Umlageung oder der Uebergang der Nährstoffe aus dem einen in den anderen Zustand statt hat; nicht die Summe der Nährstoffe wird in der Brache vermehrt, sondern die Anzahl der ernährungsfähigen Theile derselben.

Was hier für alle mineralischen Nährstoffe ohne Unterschied gesagt ist, gilt natürlich für jeden einzelnen Bestandtheil des Bodens, den die Pflanze bedarf; die Erschöpfung des Feldes kann in vielen Fällen darauf beruhen, dass es für die darauf folgende Halmfrucht an aufnehmbarer Kieselsäure gefehlt hat, während an den anderen Nährstoffen ein Ueberschuss vorhanden war.

Es liegt in der Natur des Vorgangs, dass, wenn es im Boden an verwitterbaren Silicaten oder löslichen phosphorsauren Erden überhaupt fehlt, die Zeit, Bearbeitung und Witterung ohne allen Einfluss auf das Wiederfruchtbarwerden in der Brache sein muss, und dass die Wirkung der Verwitterungsursachen, der Zeit nach, eben so sehr wie die Zusammensetzung und der Gehalt der verschiedenen Bodensorten wechselt.

Nach dem Vorhergegangenen erscheint als eins der wichtigsten Erfordernisse des Landwirths, die Ursachen sowohl wie die Mittel zu kennen, durch welche die in seinem Felde vorhandenen Nährstoffe verbreitbar und wirkungsfähig gemacht werden.

Die Gegenwart von Feuchtigkeit, ein gewisser Wärmegrad und der Zutritt der Luft sind die nächsten Bedingungen der Veränderungen, in

deren Folge die chemisch gebundenen Nahrungsstoffe im Boden aufnehmbar durch die Wurzeln werden. Eine gewisse Wassermenge ist für den Ortswechsel der löslich gewordenen Bodenbestandtheile nothwendig; das Wasser unter Mitwirkung der Kohlensäure zersetzt die Silicate, und macht die unlöslichen Phosphate löslich und im Boden verbreitbar.

Die im Boden verwesenden organischen Ueberreste stellen schwache, aber lange dauernde Quellen von Kohlensäure dar; ohne Feuchtigkeit findet aber der Verwesungsprocess nicht statt; stehendes Wasser, welches den Luftzutritt abschliesst, hindert die Kohlensäurebildung; durch den Verwesungsprocess selbst wird Wärme erzeugt, durch welche die Temperatur des Bodens merklich erhöht wird.

Durch die Mitwirkung verwesbarer Pflanzen- und Thierüberreste empfängt ein durch die Cultur erschöpftes Feld in kürzerer Zeit seine verlorene Ertragsfähigkeit wieder, und es wirkt eine Düngung mit Stallmist während der Brache günstig darauf ein. Eine dichte Beschattung des Bodens durch eine blattreiche Pflanze, indem unter der Pflanzendecke die Feuchtigkeit sich länger in der Erde erhält, verstärkt die Wirkung der Verwitterungsursachen in der Brache.

In einem porösen, an Kalk reichen Boden geht der Verwesungsprocess organischer Materien rascher von Statten, als in einem thonreichen, die Gegenwart der alkalischen Erde bewirkt unter diesen Umständen, dass das im Boden vorhandene Ammoniak neben den kohlenstoffreichen Stoffen sich ebenfalls oxydirt und in Salpetersäure übergeführt wird.

Alle Kalkbodensorten geben beim Auslaugen salpetersaure Salze an das Wasser ab. Die Salpetersäure wird von der porösen Erde nicht wie das Ammoniak zurückgehalten, sondern mit Kalk oder Bittererde verbunden durch den Regen in die Tiefe geführt. Während die in der Erde sich einstellende Salpetersäurebildung nützlich ist für Gewächse, welche, wie Klee und Erbsen, ihre Nahrung, wozu hier der Stickstoff zu rechnen ist, aus einer grösseren Tiefe empfangen, wirkt aus eben diesem Grunde die Brache auf einen Kalkboden, welcher reich an organischen Ueberresten ist, minder günstig auf Halmgewächse, indem durch den Uebergang des Ammoniaks in Salpetersäure und ihre Hinwegführung der Boden an einem der wichtigsten Pflanzennahrungsmittel ärmer wird.

Der Grund der Erschöpfung eines Feldes durch die Cultur irgend einer Pflanze beruht stets und unter allen Umständen auf dem Mangel an einem einzelnen oder an mehreren Nahrungsmitteln in den Theilen des Bodens, die mit den Wurzeln derselben in Berührung kommen. Das Feld wird für das gedeihliche Wachsthum einer nachfolgenden Frucht ungeeignet sein, wenn es an diesen Stellen an Phosphorsäure im Zustande der physikalischen Bindung fehlt, ein Ueberfluss von Kali und Kieselsäure in eben diesem Zustande wird dadurch wirkungslos; denselben Einfluss wird ein Mangel an Kali bei einem Ueberschuss von Phosphorsäure und Kieselsäure, oder ein Mangel an Kieselsäure, Kalk, Bittererde oder Eisen bei einem Ueberfluss von Kali und Phosphorsäure haben.

Für solche Felder, deren Erschöpfung nicht auf einem absoluten Mangel beruht, welche alle nothwendigen Nahrungsmittel weit hinaus in genügender Menge, aber nicht in der richtigen Form enthalten, welche also durch die Brache wieder lohnende Ernten gegeben haben würden, besitzt der Landwirth Mittel, die Wirkungen der natürlichen Ursachen zu verstärken, welche den Uebergang in den Zustand der physikalischen Bindung derselben bedingen, und die Brachzeit zu verkürzen, so zwar, dass sie in vielen Fällen überflüssig gemacht wird.

In Beziehung auf die phosphorsauren Erdsalze ist bereits erwähnt worden, dass deren Verbreitung in der Erde ausschliesslich durch das Wasser bewirkt wird, welches, wenn es eine gewisse Menge Kohlensäure enthält, die genannten Erdsalze auflöst.

Es giebt nun eine Anzahl von Salzen, wozu Kochsalz, Chilisalpeter und Ammoniaksalze gehören, von denen man die Erfahrung gemacht hat, dass sie unter gewissen Umständen eine günstige Wirkung auf die Erträge äussern.

Die Salze besitzen merkwürdigerweise, wie die Kohlensäure, auch in ihren verdünntesten Lösungen das Vermögen, phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Bittererde aufzulösen, und verhalten sich, wenn man solche Lösungen durch Ackererde filtriren lässt, ganz wie die genannten Phosphate in kohlensaurem Wasser. Die Erde entzieht diesen Salzlösungen die aufgelöste phosphorsaure Erde und verbindet sich damit.

Gegen Ackererde, der man einen Ueberschuss von phosphorsauren Erden beigemischt hat, verhalten sich diese Salzlösungen wie gegen die ungemischte phosphorsaure Erde, d. h. sie lösen eine gewisse Menge dieser Phosphate auf.

Das salpetersaure Natron und Kochsalz erleiden durch die Ackererde eine ähnliche Zersetzung wie die Kalisalze; es wird Natron von der Erde absorbiert, an dessen Stelle Kalk oder Bittererde in Verbindung mit der Säure in die Lösung tritt.

Bei der Vergleichung der Wirkung der Ackererde auf Kali- und Natronsalze zeigt sich, dass die Erde für das Natron eine weit geringere Anziehung besitzt wie für Kali, so dass ein Volumen Erde, welches einer Kalilösung alles Kali entzieht, in einer Lösung von Chlornatrium oder salpetersaurem Natron von gleichem Alkaligehalt $\frac{3}{4}$ des gelösten Kochsalzes und die Hälfte des Chilisalpeters unzersetzt in der Flüssigkeit zurücklässt.

Wenn demnach ein durch die Cultur erschöpftes Feld, welches an einzelnen Orten zerstreut, phosphorsaure Erdsalze enthält, mit salpetersaurem Natron oder Kochsalz gedüngt wird, und sich durch das Regenwasser eine verdünnte Lösung dieser Salze gebildet hat, so bleibt ein Ueberschuss derselben in unzersetzt Zustand im Boden und dieser muss jetzt im feuchten Erdreich eine an sich schwache, aber in der Dauer merkliche Wirkung ausüben.

Aehnlich wie die durch Verwesung von Pflanzen- und Thierüberresten entstehende und im Wasser sich lösende Kohlensäure müssen diese Salzlösungen sich mit phosphorsauren Erdsalzen an allen den Stellen, wo diese überschüssig sich vorfinden, beladen, und wenn diese Phosphate, in der Flüssigkeit verbreitet, mit Theilchen der Ackererde in Berührung kommen, welche nicht damit gesättigt sind, so entziehen diese die Phosphate der Lösung und das darin bleibende salpetersaure Natron oder Kochsalz behält zum zweiten oder fortgesetzten Male das Vermögen, die nämliche auflösende und verbreitende Wirkung auf Phosphate auszuüben, bis sie zuletzt durch das Regenwasser tieferen Erdschichten zugeführt oder gänzlich zersetzt sind.

Von dem Kochsalz ist bekannt, dass es im Blut aller Thiere enthalten ist und in den Processen der Resorption und Absonderung eine Rolle spielt, und darum als nothwendig für diese Functionen angesehen wird, und wir finden in der Natur die Einrichtung getroffen, dass die Futterkräuter, Knollen- und Wurzelgewächse, welche vor anderen zur Nahrung der Thiere dienen, das Vermögen, Kochsalz aus dem Boden aufzunehmen, in höherem Grade als andere Gewächse besitzen, und die landwirthschaftlichen Erfahrungen zeigen, dass ein schwacher Kochsalzgehalt im Boden dem üppigen Wachsthum dieser Pflanzen günstig ist.

Von der Salpetersäure nimmt man allgemein an, dass sie gleich dem Ammoniak in dem Pflanzenleibe verwendet werden könne, und es kommen demnach dem Kochsalz und den salpetersauren Salzen zweierlei Wirkungen zu, eine directe, wenn sie als Nahrungsmittel für die Pflanze dienen, und eine indirecte, insofern sie die Phosphate für die Ernährung geschickt machen.

Die Ammoniaksalze verhalten sich gegen die phosphorsauren Erden ähnlich wie die genannten Salze, mit dem Unterschiede, dass ihr Lösungsvermögen für die Phosphate weit grösser ist; bei gleichen Mengen Salz nimmt eine Lösung von schwefelsaurem Ammoniak doppelt so viel Knochenerde auf, als eine Kochsalzlösung.

In Beziehung auf die Phosphate im Innern des Bodens kann aber die Wirkung der Ammoniaksalze kaum stärker sein, wie die von Kochsalz oder Chilisalpeter, weil die Ammoniaksalze weit rascher, oft augenblicklich von der Erde zersetzt werden, so dass von einer Lösung eines solchen Salzes, die sich im Boden bewegt, in der Regel nicht die Rede sein kann; da aber immer ein gewisses, wenn auch kleines Volumen Erde nöthig ist, um eine gegebene Quantität Ammoniaksalz zu zersetzen, so muss die Wirkung des Ammoniaksalzes auf dieses kleine Volumen um so mächtiger sein; während also ihre Wirkung in gewissen Tiefen der Ackerkrume kaum bemerklich ist, ist die, welche sie auf die obersten Schichten derselben ausüben, um so stärker; nach den Beobachtungen von Feichtinger zersetzen die Lösungen der Ammoniaksalze, viele Silicate, selbst den Feldspath, und nehmen aus dem letzteren Kali auf; bei ihrer Berührung mit der Ackerkrume bereichern sie nicht nur diese an Ammo-

niak, sondern sie bringen auch in den kleinsten Theilchen derselben einen eingreifenden Ortswechsel der den Pflanzen dienlichen Bestandtheile zu Wege.

Auf die Verbreitung der Kieselsäure im Boden scheinen die darin vorhandenen Pflanzen- und Thierüberreste einen bemerkenswerthen Einfluss auszuüben, die hierüber angestellten Versuche zeigen, dass das Absorptionsvermögen einer Ackerkrume für Kieselsäure im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem Gehalt an organischen Ueberresten steht, so zwar, dass eine Erde, die reich an letzteren ist, wenn sie mit einer Auflösung von kieselurem Kali zusammengebracht wird, eine gewisse Quantität Kieselsäure darin zurücklässt, die von einem gleichen Volumen einer anderen, an organischen Stoffen armen Erde vollständig daraus aufgenommen wird. Durch die Einverleibung von vermodernden Pflanzen- und Thierüberresten wird demnach in einem Boden, welcher verwitterbare Silicate enthält, zunächst durch die in ihrer Verwesung entstehende Kohlensäure die Zersetzung der Silicate beschleunigt, und da eben diese Stoffe das Absorptionsvermögen des Bodens für Kieselsäure vermindern, so muss diese, wenn sie in Lösung übergegangen ist, in einem weiteren Umkreise in der Erde verbreitet werden, als sie sich bei Abwesenheit dieser Stoffe im Boden verbreitet haben würde.

Auf manchen thonarmen Feldern wirkt eine mehrjährige Berasung in Folge der im Boden sich ansammelnden organischen Stoffe, durch welche die Verbreitung der Kieselsäure befördert wird, günstiger auf eine nachfolgende Halmfrucht ein, und auf anderen, namentlich kalkreichen Feldern, denen es nicht an Kieselsäure im Ganzen, wohl aber in den einzelnen Theilen oder an ihrer Verbreitung fehlt, hat eine Ueberführung mit Torfklein häufig für eine nachfolgende Halmfrucht eine eben so günstige Wirkung, als eine starke Düngung mit Stallmist, dessen organische oder verwesbare Bestandtheile, ganz abgesehen von dem kieselurem Kali im Stroh, auf die Verbreitung der Kieselsäure des Bodens stets in Wirksamkeit treten.

Der Mangel oder Ueberfluss an löslicher Kieselsäure im Boden ist dem Gedeihen der Halmgewächse gleich nachtheilig. Ein Boden, welcher der Entwicklung des kieselreichen Schachtelhalms und Schilfs (*arundo phragmites*) günstig ist, ist darum nicht gleich geeignet für die besseren Wiesengräser oder für die Kornpflanzen, obwohl für diese eine reichliche Zufuhr von Kieselsäure eine Bedingung ihres Gedeihens ist. Durch Entwässerung eines solchen Feldes, welche bewirkt, dass durch den Eintritt der Luft die im Boden im Uebermaass vorhandenen organischen Stoffe in Verwesung übergehen und zerstört werden, oder durch Zufuhr von Mergel oder zu Pulver gelöschten oder an feuchter Luft zerfallenen gebrannten Kalk verbessert der Landwirth in vielen Fällen ein solches Feld.

Das Kieselsäurehydrat verliert beim einfachen Austrocknen seine Löslichkeit im Wasser, und es kommt häufig vor, dass das Trockenlegen eines versumpften Feldes bewirkt, dass die Kieselpflanzen (Schilf- und

Schachtelhalm) darauf verschwinden. Die Wirkung von Kalkhydrat, oder gelöschtem und an der Luft zerfallenem Kalk auf den Boden ist von zweierlei Art. Auf einem an humosen Bestandtheilen reichen Boden verbindet sich der Kalk zunächst mit den darin vorhandenen organischen Verbindungen, welche eine saure Reaction besitzen; er neutralisirt die Säure des Bodens und es verschwinden von diesem Augenblick viele in einem solchen sauren Boden gedeihende Unkräuter, die Torfmoose (*sphagnum*) und Riedgräser; während die einfache Berührung mit Säuren die Oxydation der Metalle (Kupfer, Blei, Eisen) in hohem Grade steigert und die Berührung mit einem Alkali dieselbe hindert (Eisen mit verdünnter kohlensaurer Natronlösung überstrichen rostet nicht), wirken Säuren und Alkalien auf organische Stoffe in umgekehrter Weise ein, die Säuren verhindern, die Alkalien befördern die Oxydation oder Verwesung; bei überschüssigem Kalk tritt die oben erwähnte Zerstörung der humosen Bestandtheile ein.

In eben dem Grade, als durch den Kalk der saure Humus in der Erde verschwindet, vermehrt sich das Absorptionsvermögen derselben für Kieselsäurehydrat, das im Ueberfluss vorhandene verliert seine Beweglichkeit im Boden.

Der Kalk hat, wie man sieht, eine so zusammengesetzte Wirkung, dass man von dem günstigen Einfluss, den er auf ein Feld hat, beinahe niemals auf seine Wirkung auf ein anderes von unbekannter Beschaffenheit schliessen kann; dies ist nur möglich, wenn man sich die Ursache derselben in dem ersten Falle klar gemacht hat.

Auf einem Felde, dessen Beschaffenheit der Kalk einfach dadurch verbessert hat, dass die saure Beschaffenheit des Bodens dadurch beseitigt und der schädliche Ueberschuss an vegetabilischen Ueberresten zerstört worden ist, wird der Landwirth durch die Anwendung des Kalkes in darauf folgenden Jahren vergeblich eine Wirkung erwarten, wenn die Ursachen nicht wiederkehren, welche dem Felde die ursprünglich ungeeignete Beschaffenheit gegeben haben.

In einem Boden, in welchem sich faulende und verwesende Stoffe befinden, gedeiht mit Ausnahme der Pilze keine einzige Pflanze, und es scheint, dass ein jeder chemische Process in der Nähe der Wurzeln den ihnen eigenen stört; selbst verwesende Materien im Uebermaass schaden durch allzureichliche Kohlensäurebildung solchen Pflanzen, die in humosem Boden von mässigem Gehalt an Humus vorzüglich gedeihen ¹⁾.

¹⁾ In einen Topf mit gewaschener Erde vom Vesuv säete Gasparini einige Körner Spelz, welche Pflanzen erzeugten, die fortführen, in gesundem Zustande zu wachsen, in einen anderen Topf von derselben Erde brachte er ein Stück Brod, in diesem starben alle Wurzeln in der nächsten Nähe des vermodernden Brodes ab, und die anderen schienen sich umgebogen und den Seiten des Topfes zugewendet zu haben; Spelz würde offenbar nicht wachsen in einem reichlich mit Brod gemischtem Boden, und wenn die verwesenden Wurzeln, welche eine Spelzernte hinterlässt, dieselbe Wirkung haben, so lässt sich verstehen, wie die

Auf die tiefwurzelnden Gewächse, die Rüben, den Klee, die Esparsette, die Erbsen und Bohnen wirken organische Materien, wenn sie sich im Untergrunde in bemerklicher Menge anhäufen, besonders feindlich, namentlich im Thonboden, in welchem sie weit langsamer verwesen als im Kalkboden; der Vermoderungsprocess pflanzt sich auf die krankwerdenden Wurzeln fort, in denen die Sporen von Pilzen den geeigneten Boden für ihre Entwicklung finden. Wenn die Turnipsrübe diesem Zustande verfällt, so wird sie die Beute gewisser Insecten, die ihre Eier in die Wurzeln legen, deren Entwicklungsprocess jetzt eine auffallende Aenderung und Störung des vegetativen Processes hervorbringt; an den angestochenen Stellen entsteht ein schwammartiger Wulst, dessen innere Masse weich und übelriechend wird und in diesem Zustande zur Ernährung der Larve der kleinen Fliege dient.

Alle diese Vorgänge, so wenig klar sie an sich sind, werden in einem solchen Felde durch Kalken aufgehoben; man erreicht immer seinen Zweck durch gehörige Düngung mit Kalk. Felder, welche besonders reich an organischen Ueberresten sind, bedürfen einer verhältnissmässig weit grösseren Zufuhr von Kalk als andere, um in den für die Pflanzen gesunden Zustand übergeführt zu werden.

Es ist sicher, dass der Kalk in den obenbezeichneten Fällen nicht darum wirkt, weil es dem Boden an Kalk für die Pflanzen gefehlt hat, denn bei seiner raschen Verbreitbarkeit im Boden müsste sich in diesem Fall seine Wirkung sehr bald und schon im ersten Jahre zeigen, aber es dauert mehrere Jahre, ehe die für die Pflanze günstige Beschaffenheit des Bodens hervorgebracht ist, zum Beweise, dass der Kalk nicht als Kalk, sondern deshalb wirkt, weil er eine Aenderung in dem Boden hervorbringt, welche Zeit, d. h. eine Aufeinanderfolge von Actionen erfordert.

Auf einem trocken gelegten Sumpfboden, in welchem der Kalk das Uebermaass von Kieselsäurehydrat vermindert hat, bringt er zum zweiten Male nicht dieselbe Wirkung hervor, weil die Schädlichkeiten, einmal entfernt, sich nicht wieder erneuern, während ein günstiger Erfolg von seiner Anwendung auf dichtem, zähem Thon- oder Lettboden häufig wiederkehrt; diese Bodenarten werden mürber und an assimilirbarem Kali reicher (siehe S. 127).

Ausser den bezeichneten chemischen Hilfsmitteln, welche dem Landwirth zu Gebote stehen, um die in seinem Felde vorrätigen Pflanzennahrungsstoffe, die phosphorsauren Erdsalze, das Kali und die Kieselsäure verbreitbar und den Pflanzenwurzeln zugänglich zu machen, verbessert er sein Feld durch die mechanische Bearbeitung und durch Entfernung aller, der Verbreitung der Wurzeln entgegenstehenden Hindernisse, so-

verwesenden Rückstände, die eine Pflanze im Boden lässt, wenn diese nicht vorher zerstört worden sind, ihrem eigenen Wachsthum oder dem einer anderen schädlich sein können (Russell).

wie der Schädlichkeiten im Boden, die ihre normale Thätigkeit oder ihren gesunden Zustand gefährden.

Der Einfluss der Bearbeitung des Bodens durch Pflug, Spaten, Hacke, durch die Egge und Walze beruht auf dem Gesetz, dass die Wurzeln der Pflanzen der Nahrung nachgehen, dass die Nahrungsstoffe für sich nicht beweglich sind und den Ort, wo sie sich befinden, nicht von selbst verlassen; die Wurzel geht der Nahrung nach, wie wenn sie Augen hätte, sie biegt sich und streckt sich und die Anzahl, Stärke und Richtungen ihrer Fasern zeigen genau die Orte an, von denen sie Nahrung empfangen hat ¹⁾.

Die junge Wurzel erzwingt sich einen Durchgang nicht gleich einem Nagel, der mit einer gewissen Kraft in ein Brett eingetrieben wird, sondern durch die Uebereinanderlagerung von Schichten, die von innen nach aussen die Masse derselben vergrössern.

Die neue Substanz, welche die Wurzelspitze vergrössert, ist mit der Erde in directer Berührung. Je jünger die Zellen sind, die sich daraus bilden, desto dünner ist ihre Wand, die Zellenwände der älteren verdicken sich und ihre äussere mehr holzig gewordene Oberfläche überzieht sich bei vielen mit einer Schicht von Korksubstanz, welche undurchdringlich für Wasser den innerhalb abgelagerten löslichen Materien einen gewissen Schutz gegen osmotische Einwirkungen gewährt.

Die Aufnahme der Nahrung aus dem Boden wird durch die Wurzelspitze vermittelt, deren flüssiger Inhalt von den Erdtheilen nur durch eine unendlich dünne Membran getrennt ist, und es ist die Berührung beider um so inniger, da die Wurzelfaser bei ihrer Bildung selbst, einen Druck auf die Erdtheile ausübt, gross genug, um diese unter Umständen auf die Seite zu schieben; durch die Verdunstung von Wasser von den Blättern aus entsteht im Innern der Pflanze ein Zug, welcher die Berührung der feuchten Erdtheilchen mit der Zellenwand mächtig unterstützt. Die Zelle und die Erde werden beide aneinandergedrückt. Zwischen dem flüssigen Zelleninhalt und den in den Erdtheilen im Zustande der physikalischen Bindung vorhandenen Nahrungsstoffen besteht offenbar eine starke chemische Anziehung, welche unter der Mitwirkung der Kohlensäure und des Wassers den Uebergang der Nahrungsstoffe bewirkt.

Unter einer starken chemischen Anziehung eines Körpers versteht man sein Eingehen in eine chemische Verbindung, in welcher er die

¹⁾ Man findet zuweilen Knochenstücke, welche vollkommen eingeschlossen durch ein Gewebe von Turnipswurzeln sind. Es ist schwer zu begreifen, wie dies statthaben kann, wenn nicht durch eine Anziehung zwischen den Spongiolen und der Substanz der Knochen. Die Zellen oder der Zelleninhalt ist unaufhörlich angezogen von einer frischen Oberfläche einer Substanz, zu welcher der Zelleninhalt selbst eine chemische Anziehung hat.

Dies bedingt die Richtung der Verlängerung oder das Winden der Wurzeln um das Knochenstück herum, sie bilden einen Wurzelball, nicht gerollt von aussen, sondern von innen, durch die neuen Zellen, die sich unaufhörlich bei Berührung mit einer Substanz bilden, für welche sie eine chemische Anziehung besitzen (Russell).

Eigenschaften, die er besass, verliert, um neue anzunehmen. Für das Kali, den Kalk, die Phosphorsäure muss sogleich beim Uebergang in die Zelle eine solche Verbindung statthaben, denn, wie früher schon bemerkt, ist der Saft der Wurzeln immer schwach sauer; man kann in dem Saft der Wurzeltriebe der Rebe saures weinsaures Kali, in anderen oxalsaures oder citronsaures Kali, weinsauen Kalk, aber niemals diese Basen mit Kohlensäure verbunden und eben so wenig phosphorsauren Kalk oder Bittererde nachweisen; der frische Saft der Kartoffelknollen giebt mit Ammoniak versetzt keinen Niederschlag von phosphorsaurem Bittererdeammoniak, der sich aber, wenn durch die Gährung desselben die (stickstoffhaltige) Substanz, mit welcher die phosphorsaure Bittererde verbunden ist, zerstört ist, sogleich bildet.

Die sorgfältige Mischung und Verbreitung der im Boden vorhandenen Nahrungsstoffe sind die wichtigsten Bedingungen, um sie wirksam zu machen.

Ein Knochenstück von einem Loth in einem Cubikfuss Erde ist ohne irgend einen bemerklichen Einfluss auf die Fruchtbarkeit dieser Erde, während es in physikalischer Bindung gleichförmig in allen, auch den kleinsten Theilchen derselben verbreitet, ein Maximum von Wirksamkeit gewinnt.

Der Einfluss der mechanischen Bearbeitung des Bodens auf dessen Fruchtbarkeit, so unvollkommen auch die Mischung der Erdtheile ist, welche dadurch hervorgebracht wird, ist augenfällig und grenzt in manchen Fällen an das Wunderbare. So macht der Spaten, welcher das Erdreich bricht, wendet und mischt, das Feld weit fruchtbarer als der Pflug, der die Erde bricht, wendet und verschiebt, ohne zu mischen. Die Wirkung beider wird verstärkt durch die Egge und Walze, sie machen, dass an den nämlichen Orten, wo im vorhergehenden Jahre eine Pflanze sich entwickelt hat, eine darauf folgende Pflanze wieder Nahrungstheile, d. h. eine noch nicht erschöpfte Erde vorfindet.

Die Wirkung der chemischen Mittel auf die Verbreitung der Pflanzennahrungsstoffe ist noch mächtiger wie die der mechanischen; durch die Anwendung des Chilisalpeters, der Ammoniaksalze, des Kochsalzes in richtiger Menge bereichert der Landwirth nicht nur sein Feld mit Materien, die in der Pflanze selbst an dem Ernährungsprocess theilzunehmen vermögen, sondern er bewirkt auch eine Verbreitung der Phosphorsäure und des Kalis und er ersetzt und unterstützt damit die mechanische Arbeit des Pfluges und die Wirkung der Atmosphäre in der Brache.

Wir sind gewöhnt, alle Stoffe als Düngstoffe zu bezeichnen, welche, auf das Feld gebracht, dessen Erträge an Pflanzenmasse steigern, allein diese Wirkung hat auch der Pflug; es ist klar, dass die einfache Thatsache des günstigen Einflusses des Kochsalzes, Chilisalpeters, der Ammoniaksalze, des Kalks und der organischen Materien noch kein Beweis für die Meinung ist, dass sie als Nahrungsstoffe gewirkt haben; wir vergleichen die Arbeit, welche der Pflug verrichtet, mit dem Zerkleinern der

Speisen, wofür die Natur den Thieren eigene Werkzeuge gegeben hat, und nichts kann sicherer sein, als dass die mechanische Bearbeitung das Feld nicht an Pflanzennahrungstoffen bereichert, sondern dass sie dadurch nützlich wirkt, weil sie die vorhandene Nahrung zur Ernährung einer künftigen Ernte vorbereitet. Mit eben der Sicherheit wissen wir, dass dem Kochsalz, dem Chilisalpeter, den Ammoniaksalzen, dem Humus und Kalk neben den Wirkungen, die ihren Elementen zukommen, eine besondere dem verdauenden Magen zu vergleichende Rolle zukommt, in welcher sie sich theilweise vertreten können; diese Stoffe wirken darum nur auf Bodenarten günstig ein, in welchen es nicht an der Menge, sondern an der richtigen Form und Beschaffenheit der Nahrungstoffe fehlt, und sie können deshalb in ihrer dauernden Wirkung durch eine sehr weit getriebene mechanische Zertheilung oder Pulverisirung vertreten werden.

Darin liegt die wahre Kunst des Landwirths, dass er die Mittel richtig beurtheilt, welche zur Anwendung kommen müssen, um die Nahrungselemente seiner Felder wirksam zu machen, und dass er sie zu unterscheiden weiss von anderen, durch welche er seine Felder dauernd fruchtbar erhält. Er muss die grösste Sorgfalt darauf verwenden, dass die physikalische Beschaffenheit seines Bodens auch den feinsten Wurzeln gestattet, an die Orte zu gelangen, wo sich die Nahrung befindet. Der Boden darf durch seinen Zusammenhang ihre Ausbreitung nicht hindern.

In einem zähen und schweren Boden gedeihen Pflanzen mit feinen dünnen Wurzeln nur unvollkommen, auch wenn er reich an ihren Nahrungstoffen ist, und der nützliche Einfluss der Gründüngung, des frischen Stallmistes ist in dieser Beziehung unverkennbar. Die mechanische Beschaffenheit des Feldes wird in der That durch das Unterpfügen von Pflanzen und Pflanzentheilen auf eine bemerkenswerthe Weise verändert; ein zäher Boden verliert hierdurch seinen Zusammenhang, er wird mürbe und leicht zerdrückbar, mehr wie durch das fleissigste Pflügen. In einem Sandboden wird dadurch eine gewisse Bindung hergestellt. Jedes Hälmlchen und Blättchen der untergepflügten Gründüngungspflanze öffnet, indem es verwest, den feinen Wurzeln der Getreidepflanzen eine Thür und einen Weg, durch welchen sie sich nach vielerlei Richtungen im Boden verbreiten und ihre Nahrung holen können. Auch hier muss man stets im Auge behalten, dass nur ein gewisses Maass die beabsichtigte Wirkung nach sich zieht; für manche Felder genügen schon die Wurzelrückstände einer schön stehenden Grünfuterernte, um das bessere Gedeihen einer nachfolgenden Halmfrucht zu befördern, und es kann ein Feld, von dem man die Lupinen abgeerntet, möglicherweise eine ebenso gute nachfolgende Halmfrucht liefern, als ein gleich grosser Fleck Feld, auf welchem man die Lupinenpflanzen untergepflügt hat.

Alle diese Erscheinungen weisen darauf hin, wie wichtig die mechanischen Bedingungen sind, welche einem Boden, der an sich nicht arm an den Nahrungsmitteln der Pflanzen ist, seine Ertragsfähigkeit verleihen und wie ein im Verhältniss ärmerer, aber wohl cultivirter Boden

bessere Ernten liefern kann, als ein reicher, wenn die physikalische Beschaffenheit der Wurzelthätigkeit und Entwicklung günstiger ist. In gleicher Weise wird häufig durch eine Hackfrucht das Feld für eine nachfolgende Halmfrucht geeigneter gemacht, und nach einer Grünfutterpflanze fällt oft die nachfolgende Winterfrucht um so besser aus, je reicher die vorangegangene Grünfutterernte, d. h. ihre Wurzelrückstände, war.

Gleich nützlich wirken auf eine nachfolgende Winterfrucht Klee und Rüben ein, die mit ihren langen und starken Wurzeln den Untergrund für die Weizenwurzeln auflockern und gewissermaassen bearbeiten, den der Pflug nicht mehr berührt. In diesem Falle überwiegt für die Weizenpflanze der günstige Einfluss der physikalischen Beschaffenheit des Bodens bei weitem den schädlichen der Abnahme in der Menge der chemischen Bedingungen durch die vorhergegangenen Rüben- und Klee-Ernten. Thatsachen dieser Art haben nur allzu oft praktische Landwirthe zu der Ansicht verführt, dass auf die physikalische Beschaffenheit alles ankomme, und dass eine sehr weit getriebene Bearbeitung und Pulverisirung des Bodens genügend zur Erzielung guter Ernten sei; diese Ansichten haben aber immer durch die Zeit ihre Widerlegung gefunden, und nur das kann als richtig angenommen werden, dass für eine Reihe von Jahren die Herstellung einer günstigen physikalischen Beschaffenheit eben so wichtig, oft wichtiger für die Erträge mancher Felder ist, als die Düngung.

Es giebt kaum überzeugendere Thatsachen über den Einfluss der richtigen physikalischen Beschaffenheit auf die Erträge der Felder, als wie die, welche die Landwirthschaft durch die sogenannte Drainirung der Felder, worunter man das Tieferlegen des Grundwassers und den rascheren Abzug des in der Erde sich bewegenden Wassers versteht, gewonnen hat; eine Menge Felder, welche durch stehende Nässe für die Cultur der Halmgewächse und den Bau der besseren Futtergräser ungeeignet waren, sind für die Erzeugung von Nahrung für Menschen und Vieh dadurch gewonnen worden, und indem der Landwirth durch die Drainirung den Wasserstand in seinen Feldern auf ein bestimmtes Maass begrenzt, beherrscht er den schädlichen Einfluss desselben in allen Jahreszeiten, und durch die schnellere Beseitigung des nässenden, die Porosität der Erde aufhebenden Wassers wird der Luft ein Weg in die tieferen Erdschichten geöffnet, wodurch sie auch auf diese die günstige Wirkung ausübt, die sie auf die Ackerkrume äussert.

Im Winter ist die Erde in einer Tiefe von 3 bis 4 Fuss wärmer als die äussere Luft und die von den Drainröhren aufwärts sich bewegende Luft kann dazu beitragen, die Temperatur der Ackerkrume höher zu erhalten, als sie ohne diesen Luftwechsel sein würde; die Luft in den Drains ist in der Regel reicher an Kohlensäure als die atmosphärische Luft.

Die Wirkung, welche die Drainirung auf die Fruchtbarkeit der Felder ausübt, kann an sich schon als ein Beweis für die Ansicht angesehen

werden, dass die Pflanzen aus dem im Boden sich bewegenden Wasser ihre Nahrung nicht empfangen können. Diese Ansicht wird durch die Untersuchung der Brunnen-, Drain- und Quellwasser mächtig unterstützt.

Die Drainwasser enthalten alle Stoffe, welche das Regenwasser beim Durchsickern aus der Ackerkrume aufzulösen vermag; sie enthalten verschiedene Salze in geringer Menge und unter diesen nur Spuren von Kali; Ammoniak und Phosphorsäure fehlen in der Regel darin. In besonders zu diesen Zwecken angestellten Analysen fand Thomas Way, dass in vier Wassern die Menge von Kali in 10 Pfund Wasser nicht bestimmbar war, drei andere Wasser enthielten in 7 Millionen Pfund Wasser 2 bis 5 Pfund Kali; von Phosphorsäure in drei Wassern keine bestimmbar Mengen, in vier anderen in 7 Millionen Pfund Wasser 6 bis 12 Pfund Phosphorsäure, von Ammoniak in eben dieser Menge 0,6 bis 1,8 Pfund. — In ähnlichen Analysen von sechs Drainwassern fand Krocke, dass in keinem derselben Phosphorsäure und Ammoniak nachweisbar oder bestimmbar war; in einem Milliontheil Wasser in vier anderen Drainwassern nicht über 2, in zwei anderen 4 und 6 Theile Kali.

An diese hierüber vorliegenden Thatfachen reihen sich directe und in dieser Beziehung besonders lehrreiche Versuche von Fraas über die Stoffe, welche das auf die Oberfläche fallende Regenwasser in den sechs Sommermonaten aus der Ackerkrume aufnimmt und in die Tiefe führt.

In besonders zu diesem Zwecke eingerichteten unterirdischen Regensmessern, Lysimetern, wurde die Wassermenge aufgefangen, welche durch eine Erdschicht von 6 Zoll Tiefe und einen Quadratfuss horizontalen Querschnitt vom 6. April bis 7. October durchsickerte. Während dieser Zeit waren auf der nahen Sternwarte bis zum 1. October 480,7 Millimeter Regen gefallen¹⁾.

Vier Lysimeter waren mit derselben Erde aus dem Untergrunde des strengen Lehmbodens in Bogenhausen angefüllt; in zweien war die Erde mit 2 Pfund Rindermist gedüngt (III. und IV.), die beiden anderen blieben ungedüngt. Nro. II. und IV. waren mit Gerste besät.

Auf ein Quadratmeter Land berechnet sickerten durch die Erden die folgenden Wassermengen, deren Gehalt an löslichen Stoffen durch Zöller genau ermittelt wurde; in diesem Wasser konnten die Mengen Phosphorsäure und Ammoniak ihrer Kleinheit wegen nicht bestimmt werden.

¹⁾ Die Lysimeter bestanden aus einem viereckigen, oben offenen, unten geschlossenen Kasten; 6 Zoll von dem offenen Rande abwärts war ein Siebboden angebracht; von diesem Boden aufwärts war der Kasten mit Erde gefüllt; unter demselben sammelte sich das auf einen Quadratfuss Fläche gefallene und 6 Zoll tief durchgegangene Regenwasser. Der Kasten war in freiem Felde bis zum Rande eingegraben, so dass die eingefüllte Erde und die des Feldes in einer Ebene lagen; zwei Lysimeter waren mit Kalkböden von den Isarauen angefüllt, von denen einer zerbrach, so dass das Wasser nicht gesammelt werden konnte, wodurch das Ergebniss des anderen wegen mangelnder Vergleichung seine Bedeutung verliert.

| | L y s i m e t e r | | | |
|-----------------------|---|--|---------------------------------------|-------------------------------------|
| | I. Ungedüngt und ohne Vegetation | II. Ungedüngt mit Gerste besäet | III. Gedüngt ohne Vegetation | IV. Gedüngt mit Vegetation |
| Durchgegangenes | | | | |
| Wasser | 218 | 213 | 304 | 144 l |
| enthielt Kali | 0,516 | 0,434 | 1,265 | 0,552 g |
| auf die Hectare . . | 5,16 | 4,34 | 12,65 | 5,52 Kg |

In den beiden Lysimetern I. und II. sind nahe dieselben Wassermengen durch die Erde filtrirt, was mit den beiden anderen nicht hatte, und es sind darum nur die ersteren in Hinsicht auf das Lösungsvermögen des Wassers vergleichbar mit einander.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass in den gegebenen Verhältnissen von dem auf das Feld gefallenem Wasser weniger wie die Hälfte eine Tiefe von 6 Zoll erreichte, und dass auf eine Million Theile Wasser berechnet die ungedüngten Erden I. 2,37, II. 2,03 Pfund, die gedüngten Erden III. 5,46 und IV. 3,82 Pfund Kali abgaben. Diese Kalimengen betragen im gedüngten Boden durchschnittlich nicht mehr als was das Drainwasser (Krocker) enthält.

Die in der Erde des Lysimeters II. gewachsenen Gerstenpflanzen liefern auf den Quadratmeter berechnet 137,3 Gramme Körner und 147,9 Gramme Stroh, welche in ihrer Asche enthalten (Korn zu 2,47 Procent, Stroh zu 4,95 Procent Asche).

| | |
|-------------------|-------------------|
| Im Korn | 0,823 Gramme Kali |
| „ Stroh | 1,410 „ „ |

zusammen 2,233 Gramme Kali.

Die Kalimenge, welche das Wasser aus der Erde des ersten Lysimeters aufnahm, die nicht mit Gerste bestellt war, betrug im Ganzen 0,516 Gramme, die des zweiten 0,432 Gramme. Der Unterschied ist 0,082 Gramme. Wenn man sich berechtigt glaubt, hieraus schliessen zu dürfen, dass die Verminderung der Kalimenge in dem Wasser des zweiten Lysimeters auf dessen Uebergang in die Gerstenpflanze beruht habe, so würde hieraus gefolgert werden müssen, dass die Pflanzen empfangen haben:

| | |
|--|----------|
| durch Vermittelung des durchsickernden Wassers | 0,082 g. |
| direct aus der Erde | 2,151 „ |
| | 2,233 g. |

mithin 96,4 Procent direct aus dem Boden und 3,6 Procent aus dem Wasser, also aus ersterem 27 mal mehr wie aus dem Wasser.

Nehmen wir nach dem Ergebniss der Auslaugung der stark mit Kuhmist gedüngten Erde im dritten Lysimeter an, dass das auf einer Fläche von einer Hectare fallende Wasser aus einer 6 Zoll hohen Schicht Ackerkrume 12,65 Kilogramme Kali auflöse, und vergleichen wir damit die Kalimenge, welche eine Kartoffel- oder Rübenernte einer Hectare Feld entzieht, so weiss man, dass eine mittlere Kartoffelernte in den Knollen 204 Kilogramm Asche und darin 100 Kilogramm Kali, und eine mittlere Rübenernte 572 Kilogramm Asche und darin 248 Kilogramm Kali enthält, und man sieht leicht ein, dass, wenn auch die ganze überhaupt im Regen löslich gewordene Kalimenge als Nahrung in die Pflanze übergegangen wäre, dass diese doch nur hinreichen würde, um den achten Theil der geernteten Kartoffelknollen und den zwanzigsten Theil der geernteten Rüben mit dem ihnen nothwendigen Kali zu versehen. Der Kaligehalt des durch die Erde sickernden Wassers drückt die Menge Kali aus, welche möglicherweise absorbirt werden konnte, und da verhältnissmässig nur ein kleiner Theil dieses Wassers mit Pflanzenwurzeln in Berührung kommt und an diese Kali abgeben kann, so sieht man ein, dass die im Boden sich bewegende Lösung durch ihre Bestandtheile an dem Ernährungsprocess nur einen sehr geringen Antheil hat, wie denn die Abwesenheit des Ammoniaks und der Phosphorsäure in derselben an sich schon beweist, dass diese Materien im Boden ihren Ort nicht wechseln können. Der Boden muss eine gewisse Menge Feuchtigkeit enthalten, um Nahrung an die Pflanzen abgeben zu können, aber es ist für ihr Wachsthum nicht erforderlich, dass dieses Wasser beweglich sei. Man weiss, dass stehendes Wasser im Boden für die meisten Culturgewächse schädlich ist, und der günstige Erfolg der Röhrenentwässerung (sogenannte Drainirung) auf das bessere Gedeihen der Gewächse beruht eben darauf, dass dem durch seinen eigenen Druck sich bewegenden Wasser ein Abzug gestattet wird, so dass nur das durch Capillarität zurückgehaltene Wasser die Erde nässt.

Wenn wir uns die poröse Erde als ein System von Capillarröhren denken, so ist ihre für den Pflanzenwuchs geeignete Beschaffenheit unstrittig die, dass die engen capillaren Räume mit Wasser, die weiten mit Luft angefüllt sind und der Luft der Zugang zu allen gestattet ist. Mit diesem feuchten für die Atmosphäre durchdringlichen Boden befinden sich die aufsaugenden Wurzelfasern in der innigsten Berührung; man kann sich denken, dass ihre äussere Fläche die eine, die porösen Erdtheilchen die andere Wand eines Capillargefässes bilden, deren Zusammenhang durch eine unendlich dünne Wasserschicht vermittelt wird. Diese Beschaffenheit ist gleich günstig für die Aufnahme der fixen und gasförmigen Nahrungsmittel. Wenn man an einem trockenen Tage eine Weizen- oder Gerstenpflanze vorsichtig aus dem lockeren Erdreich zieht, so sieht man, dass an jeder Wurzelfaser ein Cylinder von Erdtheilchen,

wie eine Hose, haften bleibt, aus diesen Erdtheilchen empfängt die Pflanze die Phosphorsäure, das Kali, die Kieselsäure etc. sowie das Ammoniak, deren Uebergang vermittelt wird durch die dünne Wasserschicht, deren Theile sich nur insofern bewegen, als die Wurzel einen Zug auf sie ausübte.

Die Zusammensetzung des Quellwassers, des Wassers der Bäche und Flüsse, von welchen jeder einzelne Tropfen mit Gesteinen oder mit Wald und Feldboden in Berührung war, zeigt, wie ausserordentlich gering die Mengen sind, welche das Wasser an Phosphorsäure, Ammoniak und Kali aus der Erde auflöst. Bei der Untersuchung von sechs verschiedenen Quellwassern fanden Graham, Miller und Hofmann keine bestimmten Mengen Ammoniak und Phosphorsäure. In dem Wasser von Whitley waren in 37 000 Gallons (370 000 Pfund englisch), 1 Pfund Kali oder 1 Kilogramm in 135 Cubikmeter; eben so viel in 38 000 Gallons des Wassers der Crushmere-Quellen, in 32 000 Gallons der Vellwoolquelle, in 145 000 Gallons der Hindheadquelle, in 55 000 Gallons der Hasford-Mühlbachs- und 17 700 der Quelle bei Cosfordhouse. Das Wasser der Brunthaler-Quelle bei München, welches in einem grossen Theile der Stadt als Trinkwasser dient, enthält kein Ammoniak und keine Phosphorsäure und in 87 000 Pfund 1 Pfund Kali.

Aus diesen und anderen Analysen über die Zusammensetzung von Quell-, Brunnen- und Drainwassern lässt sich nicht schliessen, dass das Kali, Ammoniak und die Phosphorsäure in dem Wasser aller Quellen, Bäche und Flüsse fehle; es ist im Gegentheil völlig sicher, dass das Wasser mancher Sümpfe beide Stoffe in bemerklicher Menge enthalte¹⁾.

Der Gehalt eines solchen Wassers an Kali, Phosphorsäure, Eisen, Schwefelsäure erklärt sich ohne Schwierigkeit.

In einem Sumpfe sammeln sich nach und nach die Ueberreste von absterbenden Pflanzengenerationen an, deren Wurzeln aus einer gewissen Tiefe des Bodens eine Menge von Mineralbestandtheilen empfangen haben; diese Pflanzenreste gehen auf dem Boden des Sumpfes in Verwesung

¹⁾ So hinterliess das Wasser aus einem künstlichen Sumpfe des Münchener botanischen Gartens von einem Liter 0,425 Gramme Satzrückstand, der in 100 Theilen enthielt:

| | |
|----------------------------------|--------|
| Kalk | 35,000 |
| Bittererde | 12,264 |
| Kochsalz | 10,100 |
| Kali | 3,970 |
| Natron | 0,471 |
| Eisenoxyd mit Thonerde | 0,721 |
| Phosphorsäure | 2,619 |
| Schwefelsäure | 8,271 |
| Kieselsäure | 3,240 |

| | |
|------------------------------------|--------|
| Verbrennliche Substanzen | 76,656 |
| Wasser u. Verlust | 28,344 |

über, d. h. sie verbrennen und ihre unorganischen Elemente oder ihre Aschenbestandtheile lösen sich unter Mitwirkung von Kohlensäure und vielleicht von organischen Säuren im Wasser und bleiben darin gelöst, wenn der umgebende Schlamm und die Erde, die mit dieser Lösung in Berührung ist, sich damit gesättigt haben.

Scherer fand in den drei Quellen zu Brückenau alle die in dem obigen Sumpfwasser vorhandenen Stoffe nebst Essigsäure, Ameisensäure, Buttersäure und Propionsäure. Bei der Beschaffenheit des die ganze Umgebung von Brückenau constituirenden Gebirges, dem bunten Sandstein und bei der üppigen, fast an die Urwaldungen erinnernden Vegetation der ganzen Umgegend, bei dem Reichthum an Eichen und Buchenholzwaldungen mit fast tausendjährigen Bäumen beider Holzgattungen bezeichnet Scherer als eine der Bedingungen des Zustandekommens der Beschaffenheit des Brückenauer Quellwassers die Auslaugung des an verwesenden Vegetabilien reichen Humusbodens durch atmosphärische Niederschläge (Annal. der Chem. und Pharm. IC, 285).

Es ist klar, dass überall, wo ähnliche Verhältnisse zusammenwirkten, wie die, unter denen sich das Sumpfwasser in dem botanischen Garten zu München und die Brückenauer Quellen gebildet haben, das auf der Oberfläche der Erde in der Form von Sumpf-, Quell- und Bachwasser vorkommende Wasser gewisse den Pflanzen nützliche Nahrungsstoffe, wie Phosphorsäure und Kali, in den verschiedensten Verhältnissen enthalten wird, die in anderen Wassern fehlen, und ebenso wird eine an vegetabilischen Ueberresten reiche Ackererde, in welcher fortdauernd Verwesungsprocesse statthaben, durch welche Producte von saurem Charakter erzeugt werden, an durchsickerndes Regenwasser Phosphorsäure und Alkalien abzugeben vermögen, welche in grössere Tiefen dringen und im Drainwasser erscheinen¹⁾. Die Menge dieser im Wasser gelösten

¹⁾ Prof. Zöller liess im agriculturchemischen Laboratorium der Universität Göttingen durch Dr. Fesca Versuche anstellen, welche das Gesagte bestätigen. Durch 7 Pfunde des an organischen Bestandtheilen und Pflanzennahrungsstoffen reichen Kalkbodens des Weender Versuchsgartens ging ein continuirlicher Wasserstrom in der Weise, dass aus der mit Wasser übersättigten Erde in dem Maasse der Uebersättigung das Wasser tropfenweise abfloss. Durch die circa 0,5 m hohe Bodenschicht tropfte innerhalb 24 Stunden 1 Liter Wasser ab. Der Versuch dauerte vom 1. Juli 1872 bis 15. August 1872. Anfänglich hatte das Filtrat eine hellgelbe, dann eine braune Farbe und reagirte zu dieser Zeit stark und bleibend sauer; gegen Ende des Versuches war das Filtrat fast farblos geworden und hatte seine saure Reaction vollständig verloren. — Um die Menge von Nährstoffen zu vergleichen, welche durch den continuirlichen Wasserstrom und durch die Cultur einer Pflanze löslich wird, liess Dr. Fesca eine junge Tabackpflanze vom 1. Juli bis 15. August in 7 Pfund der nämlichen Wender Gartenerde wachsen. Die Analyse des Bodens, Wasserextractes und der Pflanze ergab die folgenden Resultate:

Stoffe wird abhängig sein von der Beschaffenheit des Bodens, auf welchem die Pflanzen wachsen, deren Aschenbestandtheile aus ihren verwesenden Ueberresten durch das Regenwasser fortgeführt werden. Ist der Boden felsig, mit einer dünnen Schicht Erde und einer dicken Laubdecke bekleidet, so wird das abfließende Wasser um so mehr an fixen Pflanzennahrungsstoffen tiefer liegenden Gegenden zuführen, je weniger die Erdschicht selbst davon zurückhält. Die durch starke Regenfälle aufgeschlammten feineren Erdtheile eines solchen Bodens, welche durch den Lauf des Wassers den Thälern und Niederungen zufließen, werden je nach ihrer chemischen Beschaffenheit, von welcher ihr Absorptionsvermögen für die aufgelösten Pflanzennahrungsstoffe abhängig ist, einen Boden von allen Graden der Fruchtbarkeit darstellen; immer aber werden diese aus dem zugeführten Schlamme sich bildenden Erdschichten mit den Pflanzennahrungsstoffen, welche das Wasser enthält, aus dem sie sich absetzen, entweder gesättigt sein oder nach und nach sich sättigen. Hieraus erklärt sich vielleicht der ungleiche Werth des zum Bewässern der Wiesen dienenden Wassers, der jedenfalls nach dem Ursprung des Wassers sehr verschieden sein muss; das, was auf Höhen sich sammelt, welche mit einer reichen Vegetation bedeckt sind, oder das Wasser aus anschwellenden Sümpfen wird thatsächlich den Wiesengründen Dünger-

| | 7 Pfund Boden ¹⁾ lieferten im | | | 100 Theile Asche enthielten | |
|-------------------|--|--------------|----------------|-----------------------------|---------------------|
| | Salzsäureauszug | Wasserauszug | in der Pflanze | Wasserauszug | Pflanze |
| Trockensubstanz . | — | 23,00 | 17,50 g | — | — |
| Organische Stoffe | 5,96 | 5,00 | 13,43 " | — | — |
| Mineralstoffe . . | — | 18,03 | 4,07 " | 78,41 ²⁾ | 23,23 ³⁾ |
| Kali | 8,01 | 3,94 | 1,84 " | 24,36 | 43,15 |
| Natron | 3,37 | 1,22 | 0,16 " | 10,24 | 4,26 |
| Kalk | 588,11 | 2,65 | 0,62 " | 16,32 | 16,35 |
| Magnesia | 9,08 | 0,20 | 0,03 " | 0,93 | — |
| Eisenoxyd. . . . | 56,86 } | 0,01 | 0,04 " | 0,07 | 0,83 |
| Thonerde | | 0,51 | — | 3,14 | — |
| Phosphorsäure . . | 7,99 | 0,74 | 0,15 " | 4,57 | 3,96 |
| Schwefelsäure . . | 8,50 | 1,36 | 0,44 " | 8,40 | 9,53 |
| Kieselsäure . . . | 0,33 | 1,64 | 0,04 " | 10,11 | 0,96 |
| Chlor. | 3,16 ²⁾ | 1,14 | 0,79 " | 7,05 | — |
| Unlös. u. Sand . | — | 2,15 | 0,25 " | — | — |

¹⁾ 7 Pfund lufttrockner Boden enthielten 3371,5 g Trockensubstanz, 137,3 g organische Substanz und 3234,3 g Mineralstoffe. Ein geringer Theil der Bodenbestandtheile in der Pflanze stammen von ihrem früheren Standorte und vom Samen. — ²⁾ In der geglühten Erde durch Ausziehen mit Salpetersäure bestimmt. — ³⁾ Aschenprocente.

Abgesehen von der Beschaffenheit der Gartenerde und dem Reichthume derselben an Pflanzennahrungsstoffen hatten offenbar die Zersetzungsproducte der organischen Bodenbestandtheile einen hervorragenden Antheil an dem Löslichwerden der in dem Wasserextract befindlichen Nährstoffe. Im Uebrigen ist die Zusammensetzung des Wasserextractes weit davon entfernt, ein Bild zu liefern von der Zusammensetzung der Bodenlösung, welche unter gewöhnlichen Umständen im Boden sich befindet.

bestandtheile zuführen, während das von vegetationsfreien Gebirgen in dieser besonderen Beziehung keine Wirkung auf die Steigerung des Grasschwaches ausüben kann, welche dann, wenn sie statthat, in anderen Ursachen gesucht werden muss.

An vielen Orten wird die Moorerde und der Schlamm aus Teichen, stehenden Wassern und Sümpfen als ein treffliches Mittel hochgeschätzt, um die Felder zu verbessern, und es kann dessen Wirksamkeit im Wesentlichen daraus erklärt werden, dass die kleinsten Theilchen desselben mit Düngstoffen oder Pflanzennahrungsmitteln gesättigt sind; in gleicher Weise versteht man die Fruchtbarkeit von manchen abgeholzten Waldflächen, deren Boden aus der darauf verwesenden Decke von Laub- und Pflanzenresten 40, 80 Jahre oder noch länger jedes Jahr eine gewisse Menge von Aschenbestandtheilen empfangen hat, die aus einer grossen Tiefe stammen und von den oberen Schichten der porösen Erde zurückgehalten werden und diese bereichern.

Die Schädlichkeit des Streurechens für die Laubholzwaldungen kann übrigens allein durch die Verarmung des Bodens an Aschenbestandtheilen, welche mit der Laubdecke hinweggenommen werden, nicht erklärt werden, denn die abgefallenen Blätter und Zweige sind an sich arm an Pflanzennährstoffen, namentlich an Kali und Phosphorsäure, und diese erreichen nicht mehr die tiefen Schichten der Erde, wo sie von den Wurzeln wieder aufgenommen werden könnten; sie beruht vielleicht mehr noch darauf, dass die Laub- und Pflanzenreste eine dauernde Quelle von Kohlensäure etc. bilden, welche, durch das Regenwasser in die tieferen Erdschichten geführt, mächtig dazu beitragen muss, um die Erdtheile aufzuschliessen und zur Verwitterung zu bringen; in einem dicht bestandenen Walde, in welchem die Luft sich seltener erneuert als in der Ebene, ist diese Zufuhr von Kohlensäure von Bedeutung; zuletzt schützt die dichte Pflanzendecke den Boden vor dem Austrocknen durch die Luft, und erhält darin einen dauernden Feuchtigkeitszustand, welcher den Laubholzpflanzen besonders nützlich ist, die durch die Blätter grössere Mengen von Wasser als die Nadelholzpflanzen ausdünsten.

Um die Operationen des Feldbaues zu verstehen, ist es unumgänglich nöthig, dass der Landwirth die vollkommenste Klarheit über die Art und Weise gewinnt, wie die Pflanzen ihre Nahrung aus dem Boden empfangen.

Die Ansicht, dass die Wurzeln der Gewächse ihre Nahrung unmittelbar der Erdschicht entziehen, die sich in ihrer nächsten Nähe befindet, d. h. welche mit der Nahrung aufnehmenden in Berührung ist, sagt nicht, dass das Kali, der Kalk, der phosphorsaure Kalk im festen Zustande, nämlich ohne vorher gelöst worden zu sein, die Zellenmembran durchdringen können¹⁾; sie setzt nicht voraus, dass die Nahrungsstoffe, welche

¹⁾ Wenn man ein Becherglas mit Wasser füllt, dem man ein paar Tropfen Salzsäure zugesetzt hat, und dasselbe mit einer Blase überbindet, so dass zwi-

in dem im Boden sich bewegenden Wasser gelöst sind, nicht unter Umständen aufnehmbar von den Pflanzenwurzeln sind, sondern sie nimmt als Thatsache an, dass die Pflanzenwurzeln die Nahrung von der dünnen Wasserschicht empfangen, welche, durch Capillaranziehung festgehalten, mit der Erde und Wurzeloberfläche in inniger Berührung ist, und nicht aus entfernteren Wasserschichten; dass zwischen der Wurzeloberfläche, der Wasserschicht und den Erdtheilen eine Wechselwirkung statthat, die nicht besteht zwischen dem Wasser und den Erdtheilen allein; sie setzt als wahrscheinlich voraus, dass die in unendlich feiner Vertheilung in der äusseren Oberfläche der Erdtheilen haftenden Nahrungsstoffe mit der Flüssigkeit der porösen, aufnehmenden Zellenwände vermittelt einer sehr dünnen Wasserschicht in directer Berührung sind, und dass in ihren Poren selbst, ihre Lösung und von da aus ihre unmittelbare Ueberführung statthat.

Die Beweise für diese Ansicht sind kurz wiederholt folgende That-sachen: Die Wurzeln aller Land- und der meisten Sumpfpflanzen befinden sich in unmittelbarer Berührung mit den Erdtheilen. Diese Erdtheile besitzen das Vermögen, die in wässriger Lösung zugeführten wichtigsten Nahrungsstoffe: Kali, Phosphorsäure, Kieselsäure, Ammoniak anzuziehen und in ähnlicher Weise festzuhalten, wie die Kohle die Farbstoffe festhält. Das im Boden sich bewegende Wasser nimmt in der Mehrzahl der untersuchten Fälle aus dem Boden kaum merkliche Mengen Ammoniak und keine Phosphorsäure auf, und Kali in so kleinen Mengen, dass diese zusammen bei weitem nicht ausreichen, um die auf dem Felde gewachsenen Pflanzen mit diesen Nahrungsstoffen zu versehen.

Das im Boden stehende Wasser befördert nicht die Aufnahme der Nahrung der Landpflanzen, sondern ist ihrem Gedeihen schädlich.

Wenn die Pflanzen ihre Nahrungsstoffe aus einer Lösung im Boden empfangen, die ihren Ort wechseln könnte, so müssten alle Drainwasser, Quell-, Fluss- und Bachwasser die Hauptnahrungsstoffe aller Pflanzen

schen der Blase und dem Wasser keine Luft sich befindet und das Wasser die Blase benetzt, die Blase ausserhalb aber sorgfältig abtrocknet, so lässt sich zeigen, wie ein fester Körper, ohne dass eine Flüssigkeit von Aussen mitwirkt, durch die Blase hindurch zu dem Wasser übergehen kann. Bringt man nämlich auf die abgetrocknete Blase sehr wenig Kreide oder feingepulverten phosphorsauren Kalk, so verschwindet diese in ein paar Stunden und die gewöhnlichen Reactionen zeigen alsdann den Kalk und den phosphorsauren Kalk in der Flüssigkeit im Innern des Becherglases an.

Der Uebergang des kohlensauren und phosphorsauren Kalkes in festem Zustande durch die Blase zum Wasser ist natürlich nur scheinbar. Beide lösen sich an den Stellen, wo sie mit dem sauren Wasser in den Poren der Membran in Berührung kommen, und da durch die Verdunstung des Wassers aus der Blase der innere Druck um etwas geringer als der äussere ist, und da ferner durch die Diffusion eine Concentration- und Stoffausgleichung zwischen der Salzlösung in der Membran und dem Wasser im Becherglase stattfindet, so erklärt sich der Uebergang der Salze in einfachster Weise.

enthalten und alle Ackererden ohne Unterschied würden durch die Wirkung der atmosphärischen Niederschläge dieselben verlieren.

Seit Jahrtausenden sind alle Felder der auslaugenden Kraft des darauffallenden Regenwassers ausgesetzt, ohne dass sie dadurch aufhörten fruchtbar für Gewächse zu sein. In allen Ländern und Gegenden der Erde, wo der Mensch zum erstenmal mit dem Pflug Furchen zieht, findet er die Ackerkrume oder die obersten Schichten des Feldes reicher und fruchtbarer als den Untergrund; die Fruchtbarkeit des Bodens nimmt nicht ab, wenn Pflanzen darauf wachsen; sie verliert sich allmählich erst dann, wenn die auf dem Felde gewachsenen Pflanzen dem Boden genommen werden.

Gegen die Ansicht, dass eine Ursache in der Pflanze selbst mitwirkt, um gewisse Nahrungsstoffe ausserhalb löslich und übergangsfähig zu machen, ist es kein Widerspruch, wenn man, wie Knop, Sachs, Stohmann, Nobbe und zahlreiche andere Forscher dargethan haben, manche Landpflanzen ohne alle Erde in Wasser, dem man die mineralischen Nahrungsmittel derselben zugesetzt hat, zum Blühen und Samen-tragen brachte; diese Versuche beweisen nur, wie wunderbar der Boden für die Bedürfnisse der Gewächse eingerichtet ist, und welcher Aufwand von menschlichem Scharfsinn, Kenntnissen und peinlicher Sorge dazu gehört, um in Verhältnissen, die so sehr von den natürlichen abweichen, gewisse Eigenschaften der Ackererde zu ersetzen, welche das gesunde Wachsthum der Pflanze sichern.

Wenn die äussere Zufuhr der Nahrungsstoffe in gelöstem Zustande wirklich der Natur der Pflanze und der Function der Wurzeln entspräche, so müsste man denken, dass in einer solchen mit allen Nahrungsstoffen in reichlichster Menge und in der beweglichsten Form versehenen Lösung die Pflanzen um so üppiger gedeihen müssten, je weniger Hindernisse der Aufnahme ihrer Nahrungsstoffe entgegenstehen.

Eine junge Roggenpflanze in einen fruchtbaren Boden versetzt entwickelt darin oftmals einen Busch von 30 bis 40 Halmen, jeden mit einer Aehre, und liefert den tausend- und mehrfältigen Ertrag von Körnern und doch sind in der Bodenfeuchtigkeit für gewöhnlich nur sehr geringe Mengen der absorptionsfähigen Nährstoffe gelöst.

Alle in wässerigen Lösungen ihrer mineralischen Nahrungsstoffe gezogenen Pflanzen sind auch bei üppigem Wachsthum in Beziehung auf die erzeugte Pflanzenmasse nicht entfernt mit einer in fruchtbarem Erdreich wachsenden Pflanze zu vergleichen, und ihr ganzer Entwicklungsprocess ist ein Beweis, dass die Bedingungen ihres gedeihlichen Wachstums in der Erde ganz anderer Art sind.

Das in der Erde sich bewegende Wasser enthält Kochsalz, Kalk und Bittererde, die beiden letzteren theils an Kohlensäure, theils an Mineralsäuren gebunden, und es kann wohl kaum bezweifelt werden, dass die Pflanze von diesen Stoffen aus der Lösung aufnimmt; das Gleiche muss von dem Kali, dem Ammoniak und den gelösten Phosphaten gelten;

allein das Wasser, welches im natürlichen Zustande des Bodens darin circulirt, enthält die drei letztgenannten Stoffe entweder gar nicht oder bei weitem nicht in der Menge gelöst, wie sie das Bedürfniss der Pflanze erheischt.

Nach den gewöhnlichsten Regeln der Naturforschung hat man in der Erklärung einer Naturerscheinung nicht die Fälle zu beachten, in welchen die Bedingungen der Hervorbringung der Erscheinung bekannt sind und klar vor Augen liegen, und wenn man z. B. in dem Sumpfwasser alle Aschenbestandtheile der Wasserlinse wiederfindet, so ist man über die Form nicht im Zweifel, in welcher sie übergegangen sind, sie sind im Wasser gelöst und im löslichen Zustande aufgenommen worden; zu erklären ist in einem solchen Falle nur, welcher Grund bewirkt hat, dass sie bei einer vollkommen gleichen Form in ungleichen Verhältnissen übergegangen sind.

Wenn man in einem anderen Falle findet, dass das Regenwasser, welches auf ein gegebenes Feld fällt, vielmal mehr Kali aus der Erde auflöst als eine Ernte Rüben enthielt, die in einem solchen Boden gewachsen ist, so hat man allen Grund, anzunehmen, dass die Rübe, ähnlich wie die Wasserlinse, das ihr nothwendige Kali aus einer Lösung empfangen hat.

Findet man durch die Untersuchung des Wassers im Boden halb so viel Kali als eine Rübenenernte bedarf, so handelt es sich nicht darum, zu erklären, wie die in Lösung befindliche Hälfte des Kalis in die Rübenpflanze hineingekommen ist, sondern in welcher Form und Weise sie die im Wasser fehlende andere Hälfte sich angeeignet hat.

Wenn man ferner durch die Untersuchung des Wassers in anderen Feldern findet, dass dieses nur $\frac{1}{4}$ der Kalimenge von einer Rübenenernte oder nur $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{50}$ derselben enthält, wenn man also ermittelt hat, dass in einem Boden, in welchem Rüben gedeihen, die Rübe immer dieselbe Kalimenge vom Boden empfängt, ganz gleichgültig, wie viel oder wie wenig davon das im Boden bewegliche Wasser aus der Erde auflöst, so folgt daraus, da nur Wasser, Boden und Pflanze in Betracht kommen können, dass das directe Auflösungsvermögen des Wassers für Kali bedeutungslos für die Pflanze ist, und dass die Pflanze selbst, unter Mitwirkung des Wassers, das ihr nothwendige Kali auflöslich gemacht haben muss.

Was hier für einen Bestandtheil gesagt ist, gilt für alle. Wenn man also findet, dass man durch Behandlung einer Erde mit Regenwasser Kali, Phosphorsäure und Ammoniak oder Salpetersäure daraus löslich machen kann, in solcher Menge, dass diese genügende Rechenschaft über den Gehalt einer Halmfrucht an diesen Stoffen giebt, die auf einem solchen Boden gewachsen ist, während sich herausstellt, dass die Pflanze über hundertmal mehr Kieselsäure enthält als das Wasser möglicherweise zuführen konnte, so wird man wieder den Grund ihrer Aufnahme, da er im Wasser nicht liegt, in der Pflanze suchen müssen, und wenn andere Fälle

ergeben, dass man eine gleich reiche Getreideernte auf Feldern erzielt, denen man durch Wasser keine Phosphorsäure oder kein Ammoniak entziehen kann, so gelangt man wieder zu dem Schluss, dass die im Wasser löslichen Nährstoffe für die untersuchten Pflanzen keine besondere Wichtigkeit haben, und dass es nur darauf ankommt, dass sie die geeignete Form besitzen, um der Wirkung der Wurzel, welcher Art sie auch sein mag, zu folgen.

Die gemeinschaftlich von Nägeli und Zöllner in dem botanischen Garten in München ausgeführten Vegetationsversuche beweisen auf die schlagendste Weise die Richtigkeit der Schlüsse, zu welchen die Untersuchung der Drain- und anderer Wässer geführt haben. Anstatt, wie dies bei allen bis jetzt angestellten Versuchen geschah, eine Pflanze in den Lösungen ihrer mineralischen Nährstoffe zu erziehen, schlugen sie den ganz entgegengesetzten Weg ein, indem sie die Samen der Pflanzen in einem Boden wachsen liessen, der alle ihre Nahrungsstoffe im unlöslichen Zustande enthielt.

Es ist nicht leicht eine Materie aufzufinden, welche für solche Versuche die Ackerkrume in allen ihren Eigenschaften ersetzen kann, und man erkennt die Schwierigkeit sogleich daran, dass keine von Boussingault und Anderen in einer künstlichen, mit allen Nährstoffen reichlich versehenen Erde gezogene Pflanze auch nur entfernt einer anderen vergleichbar war, die in fruchtbarem Ackerboden gewachsen ist; gepulverte Kohle oder Bimsstein vermögen manchen Pflanzennährstoffen ihre Lösungen zu entziehen und physikalisch zu binden, sie besitzen aber in feuchtem Zustande nicht die weiche, schmiegsame, nachgebende Beschaffenheit des Thons in der Ackererde, welche die innige Berührung der Wurzel mit den Erdtheilen voraussetzt; am besten eignet sich dazu gröblich gepulverter Torf, der in feuchtem Zustande eine dem Thon entfernt vergleichbare, bildsame Masse darstellt, und welcher, wie die Ackererde, alle Pflanzenstoffe aus ihren Lösungen absorbiert. In den Versuchen der Herren Nägeli und Zöllner wurde darum Torfklein (Torfabfälle in Pulverform) zum Vehikel der Nährstoffe gewählt, dessen Absorptionsvermögen für die verschiedenen Nährstoffe vorher ermittelt wurde.

Ein Liter Torf, dessen Gewicht 324 g betrug, absorbierte bei Berührung mit Lösungen von kohlensaurem Kali — Ammoniak — Natron, saurem phosphorsauren Kalk, 1,45 g Kali, 1,227 g Ammoniak, 0,205 g Natron und 0,890 g phosphorsauren Kalk (= 0,410 Phosphorsäure).

Die eben angeführten Kali- und Ammoniakmengen drücken nicht die ganzen Quantitäten dieser Stoffe aus, welche der Torf bei völliger Sättigung aufnimmt, sondern nur diejenigen, die derselbe beim einfachen Zumischen der Lösungen und einer Berührung von einigen Stunden absorbiert; setzt man dem Torfpulver mehr von diesen Lösungen zu, so zeigt die Flüssigkeit eine alkalische Reaction, die nach einem oder mehreren Tagen wieder verschwindet, und nach acht Tagen ist die Reaction erst bleibend, wenn das Liter Torf 7,892 g Kali und 4,169 g Ammoniak

aufgenommen hat; was wir in dem Folgenden mit gesättigtem Torf bezeichnen, enthält nur $\frac{1}{3}$ des Kalis und $\frac{1}{3}$ des Ammoniaks, welche er vollkommen gesättigt aufnehmen würde.

Zur Herstellung von Bodensorten von ungleichem Gehalte an Nährstoffen wurden drei Mischungen von gesättigtem mit rohem Torfpulver gemacht.

1. Mischung enthielt 1 Vol. gesättigtes Torfpulver.

2. " " 1 " " " u. 1 Vol. rohes Torfpulver.

3. " " 1 " " " u. 3 " " "

Diese Mischungen stellten Erdsorten dar, in welchen die dritte ein viertel, die zweite ein halb von der Quantität der zugesetzten Nährstoffe der ersten enthielt.

Der rohe Torf enthielt 2,5 Proc. Stickstoff, und 100 g hinterliessen 4,4 g Asche, worin die Analyse 0,155 g Kali, 0,0576 g Phosphorsäure (ferner Kalk, Eisenoxyd, Kieselsäure, Bittererde, Schwefelsäure, Natron) nachwies.

Von jeder dieser Mischungen wurde ein Topf angefüllt, welcher $8\frac{1}{2}$ Liter (2592 g) fasste; ein vierter Topf von gleichem Inhalt enthielt rohes Torfpulver.

Mit Berücksichtigung des Aschengehaltes des rohen Torfes enthielt jeder Topf die folgenden Quantitäten an Nährstoffen:

| | 1. Topf mit rohem Torf. | 2. Topf $\frac{1}{4}$ gesättigter Torf. | 3. Topf $\frac{1}{2}$ gesättigter Torf. | 4. Topf $\frac{1}{1}$ gesättigter Torf. |
|---------------------|-------------------------------|---|---|---|
| Stickstoff. | 71 g | 2,60 g | 4,32 g | 8,65 g |
| Kali | 3,18 " | 3,075 " | 6,15 " | 12,30 " |
| Phosphorsäure | 1,586 " | 0,83 " | 1,75 " | 3,49 " |

Die Zahlen für Stickstoff, Kali und Phosphorsäure drücken beim rohen Torf (1. Topf) dessen Stickstoffmenge und die Menge von Kali und Phosphorsäure in der Asche desselben aus, bei den anderen Töpfen die Menge der Nährstoffe, welche zugesetzt worden waren.

In jeden dieser Töpfe wurden fünf Zwergbohnen gepflanzt, deren Gewicht bestimmt wurde und die man vorher in reinem Wasser hatte keimen lassen.

Die Pflanzen in den drei gedüngten Töpfen entwickelten sich sehr gleichmässig und die Ueppigkeit ihres Wachsthum's erregte das Erstaunen Aller, die sie sahen.

In dem halb- und viertelgesättigten Torf hatten die Pflanzen im ersten Monat ein schöneres Aussehen, aber die im gesättigten Torf überholten sie bald, und in der Grösse und dem Umfang der Blätter war der Unterschied im Verhältniss zu dem reicheren Boden in die Augen fallend.

Bemerkenswerth war ferner der Einfluss des Bodens auf den Abschluss der Vegetationszeit. Eine jede der fünf Pflanzen in reinem Torf

brachte eine kleine Schote hervor, die fünf Schoten enthielten 14 Samen. Während der Samenreife derselben starben die Blätter von unten nach oben ab, so dass noch ehe die Schoten gelb wurden, alle Blätter abgefallen waren; die Pflanzen im gesättigten Torf blieben am längsten grün, und die Samenreife trat bei diesen am spätesten ein. Die letzte Schote wurde von diesen Pflanzen am 29. Juli, die letzte Schote von den Pflanzen im reinen Torf schon am 16. Juli geerntet.

Die folgende Uebersicht giebt die Ernteerträge von allen vier Töpfen und zwar die Anzahl der Samen und das Gewicht derselben.

Es lieferte Ertrag:

| | 1. Topf mit rohem Torf. | 2. Topf $\frac{1}{4}$ gesättigter Torf. | 3. Topf $\frac{1}{2}$ gesättigter Torf. | 4. Topf $\frac{1}{1}$ gesättigter Torf. | |
|--|-------------------------------|---|---|---|---------|
| Anzahl | 14 | 79 | 80 | 103 | Bohnen. |
| Aussaat | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| In Grammen: | | | | | |
| Ertrag | 7,9 | 56,7 | 74,3 | 105 | g |
| Aussaat | 3,965 | 3,88 | 4,087 | 4,055 | „ |
| Mithin Mehr- ertrag über die Aussaat | 3,9 | 52,82 | 70,213 | 100,945 | g |

Es fällt hier sogleich der grosse Unterschied in der Anzahl und dem Gewichte der geernteten Samen in die Augen; der an Nährstoffen reichere Boden lieferte nicht nur mehr Samen, sondern auch grössere und schwerere Samen, und zwar betrug das Gewicht derselben in Milligrammen durchschnittlich:

| | 1. Topf | 2. Topf | 3. Topf | 4. Topf |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Eine Saatbohne wog | 793 | 776 | 817 | 813 |
| Eine geerntete wog | 564 | 718 | 917 | 1019 |

Von den Samen der im ersten Topfe (rohem Torf) gewachsenen Pflanzen wogen sieben Stück nicht mehr als fünf von der Aussaat, und von denen aus dem gesättigten Torf wog ein Stück ein Fünftel mehr als wie eine Bohne von der Aussaat.

Vergleicht man die Ernte an Samen mit der Menge der Nährstoffe, welche der Torf in den vier Töpfen enthielt, so bemerkt man sogleich, welchen Einfluss die Form der Nährstoffe und ihre Verbreitung auf ihr Ernährungsvermögen gehabt hat.

In dem $\frac{1}{4}$ gesättigten Torf betrug die Phosphorsäure um etwas mehr als die Hälfte (um 0,83 g) mehr als die im rohen Torf enthaltene Menge (1,586 g), das Kali war verdoppelt und die Menge des Stickstoffs nur um $\frac{1}{27}$ vermehrt worden, die Ernte war aber nicht um $\frac{1}{3}$ (entsprechend der zugesetzten Phosphorsäure) höher als wie die im rohen Torf gewachsenen Pflanzen, sondern sie war über dreizehnmal höher.

Die schwache Düngung hatte bewirkt, dass der Torf im zweiten Topf für die Samenbildung allein dreizehnmal mehr, für die ganzen Pflanzen vielleicht aber dreissigmal mehr Nährstoffe, als der rohe Torf abgegeben hatte.

Offenbar besass von den Aschenbestandtheilen des rohen Torfes nur eine sehr kleine Menge die zur Ernährung der Bohnenpflanze geeignete Form, sie waren nicht aufnahmefähig, weil sie in chemischer Verbindung in der Torfsubstanz enthalten waren. Mit einem rohen Bilde verglichen, kann man sich die Nährstoffe in dem rohen Torf eingehüllt von Torfsubstanz denken, welche ihre Berührung mit den Wurzeln hindert, während die Nährstoffe der gesättigten Torftheile die äussere Hülle der Torfsubstanz bildeten.

Die Ernteerträge der Samen zeigen ferner, dass sie nicht im Verhältnisse standen zu dem Gehalt des Bodens an Nährstoffen, sondern dass die daran ärmere Mischung weit mehr Samen lieferte als sie nach dem Gehalte der reicheren hätte liefern sollen. Bei den verschiedenen Töpfen verhielten sich:

| | 2. Topf | 3. Topf | 4. Topf |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | $\frac{1}{4}$ gesättigt. | $\frac{1}{2}$ gesättigt. | $\frac{1}{1}$ gesättigt. |
| Die Düngermenge: | 1 | 2 | 4 |
| Die Ernteerträge hingegen wie: | 2 | 2,8 | 4 |

Der Grund hiervon ist nicht schwer einzusehen; das Ergebniss, dass der $\frac{1}{4}$ gesättigte Torf doppelt soviel an Ertrag lieferte, als der Düngung entsprach, beweist, dass die aufnehmenden Wurzeloberflächen mit doppelt soviel ernährenden Torftheilchen in Berührung gekommen waren. Der $\frac{1}{4}$ gesättigte Torf enthielt dem Gewicht nach in jedem Cubikcentimeter nur $\frac{1}{4}$ der Nährstoffe des ganz gesättigten, aber durch die Mischung von 1 Vol. des gesättigten mit 3 Vol. des ungesättigten war der erstere weit mehr vertheilt und sein Volum oder seine wirksame Oberfläche grösser geworden. Wenn man sich den Fall denkt, dass sich 3 Vol. grobes Torfpulver mit 1 Vol. gesättigtem so candiren liessen, dass jedes Stückchen des ersteren vollkommen umgeben oder eingeschlossen wäre von den gesättigten Torftheilchen, so würden die Bohnenpflanzen in einem so zubereiteten Boden gerade so üppig wachsen, wie wenn der Torf in allen seinen Theilen mit Nährstoffen gesättigt worden wäre.

Die erhaltenen höheren Erträge in dem verhältnissmässig ärmeren Boden beweisen demnach, dass nur die Nährstoffe enthaltende Bodenoberfläche wirksam ist, und dass das Ertragsvermögen eines Bodens nicht im Verhältniss zur Quantität an Nährstoffen steht, welche die chemische Analyse darin nachweist; diese Thatsachen beweisen zuletzt, dass nicht das Wasser durch sein Lösungsvermögen den Pflanzenwurzeln die aufgenommenen Nährstoffe zugeführt hat.

Aus dem Verhalten einer mit Nährstoffen gesättigten Erde gegen Wasser ist uns genau bekannt, dass wenn Wasser aus der gesättigten Erde eine gewisse Menge Ammoniak, Kali etc. aufgelöst hat, dass die nämliche Menge Wasser aus einer halb gesättigten Erde (oder aus einer Erde, der man die Hälfte des absorbirten Kalis und Ammoniaks bereits entzogen hat) nicht halb soviel als aus der gesättigten Erde weiterhin auflöst, sondern dass die Erde in eben dem Verhältniss, als sie in dieser Weise ärmer an Nährstoffen geworden ist, den Rest des Aufgenommenen um so fester hält.

In dem halbgesättigten Torf sind die Nährstoffe weit fester gebunden als in dem ganz gesättigten, und in dem viertelgesättigten weit fester als in dem halbgesättigten.

Wenn demnach auch das Wasser aus dem halbgesättigten ein halbmal soviel als aus dem ganz gesättigten und aus dem viertelgesättigten ein halbmal soviel wie aus dem halbgesättigten hätte auflösen und den Wurzeln zuführen können, so hätten die Erträge in keinem Falle grösser sein können als dem Gehalte des Bodens an Nährstoffen entsprach, sie waren aber weit grösser und die Wurzeln nahmen thatsächlich mehr Nährstoffe auf als das Wasser in dem günstigsten Falle möglicher Weise hätte zuführen können.

In diesen Versuchen ist zum erstenmal der directe Beweis geführt, dass die Pflanzen die ihnen nothwendigen Nährstoffe aus einem Boden, der dieselben in physikalischer Bindung, d. h. in einem Zustande enthält, in welchem sie ihre Löslichkeit im Wasser verloren haben, aufzunehmen vermögen, und das Verhalten der Ackererde und des Culturbodens überhaupt giebt zu erkennen, dass die in diesem enthaltenen Nährstoffe in derselben Form darin zugegen sein müssen, mit dem Unterschiede jedoch, dass die Erdtheile nicht bloss als Träger derselben dienen, sondern auch die Quelle derselben sind. In einem Boden, der aus Torfklein besteht, wird eine darauf folgende Pflanze nicht zum zweiten Male gleich vollkommen sich entwickeln können, wenn die entzogenen Nährstoffe demselben nicht wieder zugeführt werden, er wird nicht wieder ernährungsfähig werden, wie lange man ihn auch brachliegen lässt¹⁾.

Die Nützlichkeit der mechanischen Bearbeitung des Bodens beruht auf dem Gesetze, dass die in der fruchtbaren Erde vorhandenen Nährstoffe ihren Ort durch das im Boden sich bewegende Wasser nicht verlassen, dass die Culturpflanzen ihre Hauptnahrung von den Erdtheilen empfangen, mit welchen die Wurzeln sich in Berührung befinden, aus einer Lösung, die sich um die Wurzel selbst bildet, und dass alle Nah-

¹⁾ Auch in den später von Stohmann unternommenen Versuchen wuchsen die Pflanzen in Böden, welche die Nährstoffe absorbirt enthielten. Die Ungleichheit der von Nägeli-Zöllner und von Stohmann erzielten Erträge ist im Wesentlichen auf das verschiedene Mengenverhältniss zurückzuführen, in welchem die Nährstoffe in den Versuchsböden enthalten waren.

rungsstoffe ausserhalb des Umkreises der Wurzeln wirkungsfähig, aber nicht aufnehmbar für die Pflanzen sind.

In der Natur besteht kein Gesetz für sich allein, sondern alle zusammen sind nur Glieder in einer Kette von Gesetzen, die selbst wieder untergeordnet sind einem höheren und höchsten Gesetze.

Mit dem Naturgesetze, dass sich das organische Leben nur in der äussersten, der Sonne zugekehrten Erdkruste entwickelt, steht in der engsten Verbindung das Vermögen der Trümmer dieser Erdkruste, aus denen die Ackerkrume besteht, alle diejenigen Nahrungsstoffe aufzusammeln und festzuhalten, welche Bedingungen des Lebens sind. Die Pflanze besitzt nicht, wie die Thiere, besondere Apparate, in denen die Speisen aufgelöst und zur Aufnahme geschickt gemacht werden; diese Vorbereitung der Nahrung legt ein anderes Gesetz in die fruchtbare Erde selbst, die in dieser Beziehung die Function des Magens und der Eingeweide der Thiere übernimmt. Die Ackerkrume zersetzt alle Kali-, Ammoniak- und die löslichen phosphorsauren Salze, und es empfängt das Kali, das Ammoniak und die Phosphorsäure in dem Boden immer dieselbe Form, von welchem Salze sie auch stammen mögen, und in dieser Wirksamkeit stellt die pflanzentragende Erde zum Nutzen der Thiere und Menschen einen unermesslichen ausgedehnten Reinigungsapparat für das Wasser dar, aus dem sie alle der Gesundheit der Thiere schädlichen Stoffe, alle Producte der Fäulniss und Verwesung untergegangener Pflanzen- und Thiergenerationen entfernt.

Die Frage, wie viel von den verschiedenen Nährstoffen eine Erde enthalten muss, um lohnende Ernten zu liefern, ist von grosser Wichtigkeit, ihre genaue Beantwortung ist aber mit den grössten Schwierigkeiten verbunden. Wenn in der That das Ernährungsvermögen einer Ackerkrume abhängig ist von der Menge derselben, welche in physikalischer Bindung in der Erde enthalten ist, so ist es einleuchtend, dass die chemische Analyse, welche die chemisch-gebundenen von den physikalisch-gebundenen nicht, scharf unterscheidet, keinen sicheren Aufschluss darüber giebt.

Die Vergleichung verschiedener Bodenarten von gleichem Ertragsvermögen giebt zu erkennen, dass die chemische Zusammensetzung derselben im höchsten Grade ungleich ist, und dass von zwei Bodenarten, von denen die eine 80 bis 90 Procent Steine und Kiesel sand, die andere nur 20 Procent enthält, der erstere häufig bessere Erträge giebt als der andere, und man kann sich den Fall denken, dass ein an sich fruchtbarer Boden mit seinem halben Volum Kiesel sand gemengt, in seinem Ertrage nicht abnimmt, ja dass er zunimmt, obwohl er jetzt in jedem Theile seines Querschnitts $\frac{1}{3}$ weniger Nährstoffe wie vorher enthält, weil durch die Beimischung von Sand die Nahrung darbietende Oberfläche der anderen Gemengtheile des Bodens vermehrt wird, auf welche in Hinsicht auf die Abgabe der Nahrungsstoffe alles ankommt.

Ein Boden, auf welchem Roggen gedeiht, ist häufig nicht für die lohnende Cultur des Weizens geeignet, obwohl beide Pflanzen dem Boden ganz dieselben Bestandtheile entnehmen.

Es ist offenbar, dass das Nichtgedeihen des Weizens auf einem solchen Boden darauf beruht, dass jede Weizenpflanze während ihres Lebens in dem Umkreise, der ihren Wurzeln Nahrung darbietet, der Zeit und Menge nach nicht genug für ihre volle Entwicklung vorfindet, während diese ausreichend für die Roggenpflanze ist.

Die chemische Analyse weist nun nach, dass ein solcher Roggenboden im Ganzen auf 5 bis 10 Zoll Tiefe fünfzig-, vielleicht hundertmal mehr an den Nahrungsmitteln der Weizenpflanze enthält, als für eine volle Weizenernte erforderlich ist, aber dennoch trotz dieses Ueberschusses keine lohnende Ernte im landwirthschaftlichen Sinne liefert.

Vergleicht man die Menge Phosphorsäure und Kali, welche eine mittlere Weizenernte (2000 Kg Korn und 5000 Kg Stroh) und eine Roggenernte (1600 Kg Korn und 3800 Kg Stroh) einer Hectare Feld entzieht, so ergibt sich:

Es empfangen vom Boden

| | der Weizen: | der Roggen: |
|-----------------|---------------|---------------|
| Phosphorsäure | 25 bis 26 Kg. | 17 bis 18 Kg. |
| Kali | 52 | 39 " 40 " |
| Kieselsäure . . | 160 | 100 " 110 " |

Der Unterschied in dem absoluten Bedarf ist demnach sehr klein. Die Weizenernte empfing vom Boden nur 9 Kg Phosphorsäure und etwa 12 Kg Kali und 50 bis 60 Kg Kieselsäure mehr als die Roggenernte.

Vor der Bekanntschaft mit dem eigentlichen Grunde, auf welchem das Ernährungsvermögen der Ackererde beruht, ist es völlig unverständlich gewesen, wie ein so schwacher Unterschied von ein paar Pfunden Phosphorsäure, Kieselsäure und Kali in dem Bedarf eine so grosse Verschiedenheit in der Qualität des Feldes bedingen konnte; denn gegen die Menge gehalten, welche der Roggenboden thatsächlich enthält, ist der Mehrbedarf der Weizenpflanze verschwindend klein.

Diese Erscheinung würde in der That unbegreiflich sein, wenn die Nährstoffe der Halmgewächse eine bemerkliche Beweglichkeit besäßen, denn in diesem Falle könnte ein wirklicher Mangel an einem gegebenen Orte nicht statt haben; ein jeder Regenfall würde die ärmeren Stellen wieder mit Nahrung versehen, wenn überhaupt der geringe Ueberschuss, den die Weizenpflanze mehr als die Roggenpflanze bedarf, durch Vermittelung des Wassers verbreitbar wäre. Obwohl sich also in einer geringen Entfernung von den Weizenwurzeln (auf einem Boden, der für die Cultur des Roggens, aber nicht für die des Weizens geeignet ist) eine grosse Menge und in dem Erdvolum zwischen zwei Roggenpflanzen oft fünfzigmal mehr Phosphorsäure und Kali befindet, als der geringe Mehr-

bedarf der Weizenpflanze beträgt, so kann thatsächlich diese Nahrung nicht zur Weizenwurzel gelangen.

Zieht man aber in Betracht, dass die Pflanzennährstoffe im Boden ihren Ort nicht wechseln können, so erklärt sich das Nichtgedeihen der Weizenpflanze auf dem Roggenfelde auf die einfachste Weise.

Wenn eine Hectare (1 000 000 qdm) Feld an eine mittlere Roggenernte (Korn und Stroh) 17 000 000 mg (17 Kg) Phosphorsäure, 39 000 000 mg Kali und 102 000 000 mg Kieselsäure abgibt, so empfangen die auf einem Quadratdecimeter wachsenden Roggenpflanzen von dem Boden 17 mg Phosphorsäure, 39 mg Kali und 102 mg Kieselsäure.

Von derselben Fläche eines guten Weizenbodens empfangen aber die Weizenpflanzen 26 mg Phosphorsäure, 52 mg Kali und 160 mg Kieselsäure. Die Nahrung aufnehmende Oberfläche der Roggen- und Weizenwurzeln ist nicht mit allen Nahrung enthaltenden Erdtheilchen in einem Quadratdecimeter des Feldes abwärts, sondern nur mit einem kleinen Volum der Erdmasse in Berührung, und es versteht sich ganz von selbst, dass die Erdtheilchen, die zufällig nicht mit den Pflanzenwurzeln in Berührung kommen können, gerade so viel Nahrungsstoffe enthalten müssen als die anderen, wenn der Same allorts gedeihen soll.

Wenn wir mit einiger Zuverlässigkeit die Nahrung aufnehmende Wurzeloberfläche ermitteln könnten, so würde man damit das Volum Erde kennen, von welcher sie die Nahrung empfangen hat, denn jede Wurzelfaser ist umgeben von einem Erdcylinder, dessen innere der Wurzel zugekehrte Wand von der abwärts dringenden Wurzelspitze oder den abwärts sich ansetzenden Zellenoberflächen gleichsam abgenagt worden ist, allein der Durchmesser und die Länge der Wurzelfasern ist bei keiner Pflanze bekannt und wir müssen uns demnach auf Schätzungen beschränken.

Nimmt man an, dass die 17 mg Phosphorsäure, 39 mg Kali und 102 mg Kieselsäure abwärts von einer Erdmasse aufgenommen wurden, deren horizontaler Querschnitt 100 qmm beträgt, so enthält das Roggenfeld in jedem Quadratdecimeter (10 000 qmm) abwärts, 1700 mg Phosphorsäure, 3900 mg Kali und 10 200 mg Kieselsäure, dies ist hundertmal so viel, als eine mittlere Roggenernte bedarf, und da die Weizenpflanze die Hälfte mehr Phosphorsäure und Kieselsäure und $\frac{1}{3}$ mehr Kali von den nämlichen Stellen der Erde zu empfangen hat, wenn sie in gleicher Weise gedeihen soll, so ergibt sich jetzt, dass wenn eine Hectare Feld, um fruchtbar für eine mittlere Roggenernte zu sein, enthält:

1700 Kg Phosphorsäure, 3900 Kg Kali und 10 200 Kg Kieselsäure, so muss der fruchtbare Weizenboden enthalten:

2550 Kg Phosphorsäure, 5200 Kg Kali und 15 300 Kg Kieselsäure.

Wenn ein Cubikdecimeter (1 Liter) Ackererde durchschnittlich 1200 Gramme wiegt und man annimmt, dass die grösste Anzahl der

Wurzeln der Halmpflanzen nicht tiefer als 25 Centimeter (10 Zoll) dringen, so würden die erwähnten Mengen Phosphorsäure, Kali und Kieselsäure in aufnehmbarer Form in $2\frac{1}{2}$ Cubikdecimeter Erde oder 3000 Grammen enthalten sein müssen; dies macht 0,056 Procent Phosphorsäure, 0,13 Proc. Kali und 0,34 Proc. Kieselsäure für den Roggenboden und für den Weizenboden 0,085 Proc. Phosphorsäure, 0,175 Proc. Kali und 0,510 Proc. Kieselsäure aus.

Ehe wir das Gebiet der Folgerungen betreten, die sich an diese Zahlen knüpfen, muss daran erinnert werden, dass sie einige hypothetische Elemente enthalten, die man nicht aus den Augen verlieren darf. Was die Zahlen für die Menge der Aschenbestandtheile betrifft, welche durch eine mittlere Roggen- und Weizenernte im Korn und Stroh einer Hectare Feld genommen wurden, so sind sie durch die Analyse bestimmt worden und nicht hypothetisch. Sicher ist demnach, dass die Weizenernte die Hälfte mehr Phosphorsäure und Kieselsäure und ein Drittel mehr Kali dem Boden entzieht, als die Roggenernte.

Die Annahme, dass der Roggenboden auf 10 Zoll Tiefe 0,056 Proc. Phosphorsäure, 0,13 Proc. Kali und 0,34 Proc. Kieselsäure in physikalischer Bindung enthalte, was hundertmal soviel ausmacht, als durch eine Roggenernte im Korn und Stroh dem Felde genommen wird, ist rein hypothetisch, und es handelt sich hier darum, die Grenze zu bestimmen, bis zu welcher diese Schätzung als wahr angenommen werden kann.

Wenn man Ackererde kalt mit Salzsäure 24 Stunden lang in Berührung lässt, so nimmt diese eine gewisse Menge Kali, Phosphorsäure, Kieselsäure sowie Kalk, Bittererde u. s. w. daraus auf. Behandelt man die Erde lange Zeit mit kochender Salzsäure, so betragen die Mengen der aufgelösten Kieselsäure und des Kalis weit mehr. Man erhält zuletzt durch vorhergegangene Aufschliessung der Silicate, bei der Behandlung mit Salzsäure in der Wärme, den ganzen Kali- und Kieselsäuregehalt der Erde. Ohne einen Irrthum zu begehen, wird man voraussetzen können, dass die von kalter Salzsäure der Erde entziehbaren Pflanzennährstoffe am schwächsten von der Erde angezogen sind und ihrer Form nach den physikalisch gebundenen am nächsten stehen, jedenfalls so nahe, dass sie durch die gewöhnlichen Verwitterungsursachen sehr leicht in diese Form der Verbindung übergehen können.

In dieser Weise wurden von Zöllner zwei Bodensorten der Analyse unterworfen, der Lehm Boden von Bogenhausen und Weißenstephan, von denen namentlich der letztere einen vortrefflichen Weizenboden darstellt. Einhundert Theile dieser beiden Erden gaben an kalte Salzsäure ab:

| | Phosphor- säure | Kali | Kiesel- säure |
|------------------------|--------------------|-------|------------------|
| Weißenstephaner Erde = | 0,219 | 0,249 | 0,596 |
| Bogenhausener „ = | 0,129 | 0,093 | 0,674 |

Wenn diese Quantitäten von Nährstoffen in aufnahmefähigem Zustande in diesen Bodensorten vorhanden sind, so würde der Gehalt in

der Weihenstephaner Erde an Phosphorsäure beinahe 400mal, an Kali 200mal, an Kieselsäure etwas mehr als 170mal so viel betragen, als eine Roggenernte, und 257mal mehr Phosphorsäure, 144mal mehr Kali und 117mal mehr Kieselsäure als eine Weizenernte bedarf.

Die bekannten Analysen anderer Chemiker von ähnlichen Bodensorten zeigen, dass die angenommene Schätzung des erforderlichen Gehaltes eines guten Weizen- oder Roggenbodens an Nährstoffen eher unter als über dem wirklichen Gehalte liegt, und es würde in der That die Zukunft der Landwirthschaft sehr trübe erscheinen, wenn der Boden nicht weit reicher an Nährstoffen wäre, als hier hypothetisch angenommen worden ist.

Es ist vielleicht hier der Ort, den Unterschied von Fruchtbarkeit und Ertragsvermögen eines Feldes hervorzuheben. Nach den früher beschriebenen Versuchen von Nägeli und Zöller lässt sich Torfklein durch Sättigung mit den nöthigen Nährstoffen in einen äusserst fruchtbaren Boden für Bohnen und, wie die späteren Versuche ergaben, für alle Culturpflanzen verwandeln, und die Vergleichung der Aschenbestandtheile des geernteten Stroh und der Samen mit der Menge, welche man dem Torfklein zugesetzt hatte, zeigt, dass die 12- bis 14fache Menge der letzteren genügt, um eine sehr hohe Samenernte zu erzielen, aber der poröse, in allen auch seinen kleinsten Theilen mit Nährstoffen gesättigte Torf begünstigte eine enorme Wurzelentwicklung, und nichts kann gewisser sein, als dass sein Ertragsvermögen der Zeit nach sehr klein ist, und dass er durch eine sehr kurze Reihe von Ernten seine Fruchtbarkeit sehr rasch und für immer verliert.

Der sehr hohe Gehalt unserer Kornfelder an Nährstoffen ist die unerlässlich nothwendige Bedingung für nachhaltige hohe Erträge, er ist aber nicht nothwendig für eine hohe Ernte.

Ein guter Roggenboden heisst ein Boden, welcher eine mittlere Roggenernte, aber keine mittlere Weizenernte, sondern weniger erträgt.

Der Grund, warum die Weizenpflanze, welche dieselben Elemente aus dem Boden wie die Roggenpflanze bedarf, auf dem Roggenboden nicht ebenso gedeiht wie diese, beruht nach dem Vorhergehenden darauf, dass sie in derselben Zeit mehr von diesen Nährstoffen nöthig hat als die Roggenpflanze, dieses Mehr aber nicht erlangen kann. Ein guter Weizenboden, der eine mittlere Weizenernte liefert, unterscheidet sich demnach von einem guten Roggenboden, der eine mittlere Roggenernte erzeugt, dadurch, dass er in allen seinen Theilen in eben dem Verhältniss mehr Nahrungsstoffe enthält, als die Weizenernte mehr braucht und hinwegnimmt als die Roggenernte.

Ein guter Roggenboden, welcher von seinem Gehalt an Nährstoffen 1 Procent an eine mittlere Roggenernte abzugeben vermag und abgiebt, würde eine mittlere Weizenernte liefern müssen, wenn die darauf wachsenden Weizenpflanzen $1\frac{1}{2}$ Procent seiner Nährstoffe sich aneignen könnten. Thatsächlich geschieht dies nicht; hieraus folgt von selbst, dass

die aufsaugenden Wurzeloberflächen der Weizenpflanze nicht um die Hälfte grösser sein können, als die der Roggenpflanze; denn wären sie um die Hälfte grösser, so würden die Wurzeln der Weizenpflanze mit der Hälfte mehr Nahrung abgebender Erdtheile in Berührung kommen, d. h. der Roggenboden würde eine mittlere Weizenernte liefern müssen, die er aber nicht liefert.

Die Vergleichung der Erträge an Korn und Stroh eines Roggenbodens, welcher gleichzeitig und zur Hälfte mit Roggen und Weizen bestellt worden ist, dürfte demnach zur Beurtheilung der Wurzeloberfläche der Weizen- und Roggenpflanze führen können. Wenn die Weizenernte von der Hälfte eines solchen Feldes auf die Hectare berechnet eben so viel Phosphorsäure und Kali empfängt wie die Roggenernte von der anderen Hälfte (17 Kg Phosphorsäure und 39 Kg Kali), so sind die Wurzeln der Weizenpflanze mit eben so viel Nährstoffe abgebender Erde und diese mit derselben Nahrung aufnehmenden Wurzeloberflächen in Berührung gekommen, als die Wurzeln der Roggenpflanze. Enthält die Weizenernte mehr Phosphorsäure, Kali und Kieselsäure oder weniger als die Roggenernte, so wird dies auf eine grössere oder kleinere Wurzelverzweigung schliessen lassen. Versuche dieser Art mit Roggen, Weizen, Gerste und Hafer verdienen gemacht zu werden, obwohl sie für den Landwirth kein praktisches Interesse, sondern nur eine physiologische Bedeutung haben und zuletzt nur Schlüsse zulassen, deren Richtigkeit in ziemlich weiten Grenzen liegt. Das Aufnahmevermögen der Pflanze und die Zeit der Aufnahme machen einen Unterschied, der aber jedenfalls dadurch zur Wahrnehmung kommt.

Von zwei Pflanzen, welche gleiche Erträge liefern, von denen die eine früher blüht und reift wie die andere, muss die mit der kürzeren Vegetationszeit und gleicher Wurzeloberfläche an allen den Orten, die ihr Nahrung abgeben, um etwas mehr vorfinden, um eben so viel zu empfangen als die andere, welche länger Zeit zur Aufnahme hat.

Die einzigen hypothetischen Annahmen in der Festsetzung der obigen Zahlen sind demnach, dass die Nahrung aufsaugenden Wurzeloberflächen der Roggen- und Weizenpflanzen gleich seien, ferner, dass der Roggenboden gerade 1 Procent und nicht mehr oder weniger von seinem Gehalt an Nährstoffen abgibt. Ein solcher Boden existirt sicherlich in der Wirklichkeit nicht; aber angenommen, wir hätten einen solchen Boden vor uns und stellten die Frage, wie viel wir demselben an Nährstoffen zusetzen müssten, um denselben in einen Weizenboden von dauernder Ertragsfähigkeit zu verwandeln, so ist die Antwort nicht hypothetisch, sondern vollkommen zuverlässig und richtig. Wenn:

| | Phosphorsäure | Kali | Kieselsäure |
|--|---------------|---------|-------------|
| der Weizenboden enthält | 2560 Kg | 5200 Kg | 15300 Kg |
| der Roggenboden . . . | 1700 " | 3900 " | 10200 " |
| <hr/> | | | |
| so ist der Weizenboden } reicher um } | 860 Kg | 1300 Kg | 5100 Kg |

Wir müssten demnach dem Roggenboden von einer gegebenen Beschaffenheit und Ertragsvermögen in irgend einer Form die Hälfte Phosphorsäure und Kieselsäure und $\frac{1}{3}$ mehr Kali, als er schon enthält, zuführen, um denselben fähig zu machen, mittlere Ernten Weizenkorn und Stroh hervorzubringen.

Und um einem Weizenboden dauernd einen Ertrag abzugewinnen, der den mittleren Ertrag um die Hälfte übersteigt, müssten wir demselben die Hälfte mehr an Pflanzennährstoffen zuführen, als er schon enthält.

| | Phosphorsäure | Kali | Kieselsäure |
|---|---------------|--------------|----------------|
| Eine Hectare Weizen- boden enthält . . } | 2560 Kilogr. | 5200 Kilogr. | 10 200 Kilogr. |
| Die Hälfte mehr . . | 1280 " | 2600 " | 5 100 " |
| | 3840 Kilogr. | 7800 Kilogr. | 15 300 Kilogr. |

Diese Betrachtungen haben keinen anderen Zweck, als zu zeigen, dass ein kleiner Unterschied in der absoluten Menge eines Nährstoffes, den eine Pflanzenart mehr bedarf als eine andere, einen grossen Mehrgehalt an eben diesem Bestandtheil in dem Boden voraussetzt. Die Weizenernte nimmt vom Boden pro Hectare nur 8,6 Kilogramm mehr Phosphorsäure als die Roggenernte; damit aber die Weizenwurzeln diese 8,6 Kilogramm Phosphorsäure sich aneignen können, muss der Boden hundertmal soviel (860 Kilogramm) und vielleicht noch mehr Phosphorsäure als der Roggenboden enthalten.

Obwohl sich diese Zahlen auf einen ideellen Boden von einer ganz bestimmten Zusammensetzung beziehen, so ist der Schluss, den wir daran knüpfen, dennoch für alle Bodenklassen wahr.

Es ist unzweifelhaft wahr, dass der Boden immer und unter allen Umständen viel mehr Nährstoffe als die Ernte enthalten muss; setzt man den Fall, dass der Boden, anstatt die hundertfache, nur die siebenzig- oder fünfzigfache Menge der Nährstoffe der Ernte enthält, so setzt das Gesetz von der Unbeweglichkeit derselben stets voraus, dass man, um die Ernte zu verdoppeln, die siebenzig- oder fünfzigfache Menge der Mineralbestandtheile der Ernte dem Felde zuführen muss. In der Praxis stellt sich die Sache anders, denn es giebt kein wirkliches Feld, welches, wie das angenommene, Phosphorsäure, Kali und Kieselerde gerade in dem relativen Verhältnisse, wie die Asche der Roggen- oder Weizenpflanze enthält. Die grosse Mehrzahl der Felder, welche fruchtbar für Halmgewächse sind, sind es auch für Kartoffeln, Klee oder Rüben, Pflanzen, welche viel mehr Kali als das Halmgewächs dem Boden entziehen.

Einem Roggenboden, welcher mehr wie 3900 Kilogramm Kali in der Hectare enthält, würde man demnach nicht 1300 Kilogramm Kali zusetzen müssen, um ihn in einen Weizenboden zu verwandeln, sondern im Verhältniss weniger.

Alle diese Beziehungen der Zusammensetzung des Bodens zu dessen

Fruchtbarkeit sollen später ausführlicher betrachtet werden. Der Hauptschluss, den die obigen Zahlen ins Licht setzen sollen, ist die praktische Unausführbarkeit, durch Zufuhr der fehlenden Aschenbestandtheile einen Roggenboden in einen Weizenboden überzuführen, oder zu bewirken, dass ein Weizenfeld einen die Hälfte des Mitteltrages übersteigenden Mehrertrag liefert; wenn dies auch für ein kleines Versuchsfeld leicht ausführbar ist, so setzt der Preis der Phosphorsäure, des Kalis oder auch der löslichen Kieselsäure und die Unmöglichkeit ihrer Beschaffung für eine erhebliche Anzahl von Feldern, auch wenn nur einer dieser Stoffe in einem gegebenen Felde in dem bezeichneten Verhältnisse vermehrt werden müsste, einer solchen Umwandlung oder Verbesserung eines Feldes ganz unüberwindliche Hindernisse entgegen.

Das Gesetz der Unbeweglichkeit der Nährstoffe im Boden erklärt die tausendjährigen Erfahrungen des Feldbaues, dass im grossen Ganzen bei gleichen klimatischen Verhältnissen für jedes Feld sich nur gewisse Pflanzen eignen, und dass auf einem Boden eine Pflanze mit Vortheil nicht gebaut werden kann, wenn dessen Gehalt nicht im Verhältniss steht zu ihrem Bedarf an Nährstoffen.

Es ist in der Praxis völlig unausführbar, die Felder eines ganzen Landes durch Vermehrung der mineralischen Nahrungsmittel in der Art verbessern zu wollen, dass sie merklich höhere Erträge liefern, als ihrem natürlichen Gehalt an Nährstoffen entspricht.

Für ein jedes Feld besteht, entsprechend seinem Gehalt an Nährstoffen, ein reeller und ein ideeller Maximalertrag; unter den günstigsten cosmischen Bedingungen entspricht der reelle Maximalertrag dem Theil der ganzen Summe der Nährstoffe, der sich im wirkungsfähigen, d. h. im Zustande der physikalischen Bindung im Boden befindet, der ideelle ist der Maximalertrag, welcher möglicherweise erzielbar wäre, wenn der andere Theil der Summe der Nährstoffe, der sich in chemischer Bindung befindet, verbreitbar gemacht und in die wirkungsfähige Form übergeführt worden wäre.

Die Kunst des Landwirths besteht hiernach im Wesentlichen darin, dass er diejenigen Pflanzen auszuwählen weiss und in einer gewissen Ordnung einander folgen lässt, die sein Feld ernähren kann, und dass er alle ihm zu Gebote stehenden Mittel auf seinem Felde in Anwendung bringt, wodurch die chemisch gebundenen Nährstoffe wirksam werden.

Die Leistungen der landwirthschaftlichen Praxis sind in diesen beiden Beziehungen bewundernswürdig, und sie bethätigen, dass die Erfolge, welche die Kunst erzielt hat, die der Wissenschaft bei weitem überragen müssen, und dass der Landwirth, indem er die Ursachen wirken lässt, welche die chemische und physikalische Beschaffenheit seines Bodens verbessern, mehr und günstigeren Einfluss auf die Erhöhung seiner Erträge ausüben kann, als durch Zufuhr an Nahrungsstoffen, denn was er in der Form von Düngemitteln zuführen kann, ohne seine Rente zu gefährden, ist gegen die Menge gehalten, die er in seinem fruchtbaren

Boden besitzt, so klein, dass er gar nicht hoffen kann, den Ertrag seines Feldes damit zu steigern.

Was er durch Zufuhr an Dünger erzielt, ist im besten Falle der sehr wichtige Erfolg, dass seine Erträge dauernd bleiben, und wenn sie thatsächlich steigen, so beruht der Grund der Steigerung weniger in der Vermehrung der Menge der vorhandenen Nährstoffe, als in ihrer Verbreitung und darin, dass gewisse Mengen wirkungsloser Nährstoffe wirkungsfähig werden.

Vor Allem günstig wirkt die Zufuhr eines Düngmittels auf ein Feld ein, wenn durch dieselbe ein richtigeres Verhältniss in der Bodennahrung hergestellt wird, weil von diesem Verhältnisse die Erträge abhängig sind. Es bedarf keiner besonderen Auseinandersetzung, um einzusehen, dass, wenn ein Weizenboden genau soviel Phosphorsäure und Kali enthält, um einer vollen Weizenernte den ihr zukommenden Bedarf an beiden Stoffen abgeben zu können, aber nicht mehr, für jeden Gewichtstheil Phosphorsäure mithin zwei Gewichtstheile Kali, dass die Vermehrung des Kaligehaltes um die Hälfte oder um das Doppelte kaum einen Einfluss auf die Menge, sondern höchstens auf die Qualität des Ertrages, durch Abänderung des chemischen Processes in der Pflanze, ausüben wird. Dasselbe gilt von der einseitigen Vermehrung der Phosphorsäure und aller übrigen Nährstoffe.

Die relativen Verhältnisse der Mineralsubstanzen, welche die Pflanzen dem Boden entnehmen, sind leicht durch die Analysen der Aschen der geernteten Früchte bestimmbar; nach diesen empfangen Weizen, Kartoffeln, Hafer, Klee folgende Verhältnisse an Phosphorsäure, Kali, Kalk und Bittererde und Kieselsäure:

| | | Phosphor- säure | | Kali | | Kalk und Bittererde | | Kieselsäure |
|----------------|-----------------|--------------------|---|------|---|------------------------|---|-------------|
| Weizen | {Korn Stroh} | 1 | : | 2 | : | 0,7 | : | 5,7 |
| Kartoffeln | (Knollen) | 1 | : | 3,2 | : | 0,48 | : | 0,4 |
| Hafer . . . | {Korn Stroh} | 1 | : | 2,1 | : | 1,03 | : | 5,0 |
| Klee | | 1 | : | 2,6 | : | 4,0 | : | 1 |
| Mittel | | 1 | : | 2,5 | : | 1,5 | : | 3 |

Wenn man sich ein Feld denkt, auf welchem man in vier Jahren nach einander Weizen, Kartoffeln, Hafer und Klee gebaut hat, so nimmt eine jede Pflanze das ihr entsprechende Verhältniss von diesen Nährstoffen auf und man erhält in der Summe, dividirt durch die vier Jahre, das mittlere relative Verhältniss aller Nährstoffe, welche der Boden verloren hat. Wenn man in der Formel:

| | | | |
|------------|-------|--------------------|-------------|
| Phosphors. | Kali | Kalk u. Bittererde | Kieselsäure |
| n (1,0 | : 2,5 | : 1,5 | : 3,0) |

den Werth von n bestimmt, mit welchem hier die Anzahl der Kilogramm Phosphorsäure bezeichnet werden soll, welche die vier Ernten vom Boden empfangen haben, so ergibt die Weizenernte 26 Kilogramm Phosphorsäure, die Kartoffelernte 25 Kilogramm, die Haferernte 27 Kilogramm und die Kleeernte 36 Kilogramm, zusammen 114 Kilogramm. Multiplicirt man mit dieser Zahl die obigen Verhältnisszahlen, so erhält man die ganze dem Boden in den vier Ernten entzogene Quantität aller Nährstoffe.

An diese Verhältnisszahlen lassen sich jetzt leichter wie zuvor einige nähere Erläuterungen knüpfen.

Nehmen wir einen Boden an, in welchem die für die vier bezeichneten Ernten nöthige Phosphorsäure sowie Kali, Kalk und Bittererde in aufnehmbarem Zustande zugegen seien, während es an der richtigen Menge Kieselsäure mangle; auf 1 Gewichtstheil Phosphorsäure seien nur $2\frac{1}{2}$ Gewichtstheile Kieselsäure assimilirbar vorhanden, so muss sich dieser Mangel zunächst in der Ernte der Halmfrüchte bemerklich machen, die Kartoffel- und Kleeernte werden hingegen nicht im mindesten beeinträchtigt werden; von der Witterung wird es abhängig sein, ob der Ausfall der Halmfrucht sich auf Korn und Stroh zugleich, oder nur auf den Strohertrag erstreckt. Ein Mangel an Kali im Verhältniss zu allen anderen wird kaum einen Einfluss auf den Weizen und Hafer haben, aber die Kartoffelernte wird kleiner ausfallen; in gleicher Weise wird ein Mangel an Kalk und Bittererde eine geringere Kleeernte nach sich ziehen.

Wenn der Boden $\frac{1}{10}$ mehr Kali, Kalk, Bittererde und Kieselsäure abgeben konnte, als dem gegebenen Verhältniss der Phosphorsäure entspricht:

| | Phosphors. | Kali | Kalk u. Bittererde | Kieselsäure |
|-------------------------------|------------|------|--------------------|-------------|
| anstatt also | 1 | 2,5 | 1,5 | 3 |
| soll der Boden abgeben können | 1 | 2,75 | 1,65 | 3,3 |

so werden die Ernten nicht höher ausfallen wie vorher; wenn aber in einem solchen Felde die Phosphorsäure vermehrt wird, so werden die Erträge steigen, bis zwischen den anderen Nahrungsstoffen und der Phosphorsäure das richtige Verhältniss hergestellt ist; die Zufuhr von Phosphorsäure bewirkt in diesem Falle, dass man mehr Kali, Kalk und Kieselsäure erntet. Ein jedes Pfund, ja ein jedes zugeführte Loth Phosphorsäure empfängt in diesem Fall bis zur bezeichneten Grenze eine ganz bestimmte Wirkung.

Fehlt es zur Herstellung des richtigen Verhältnisses der Bodennahrungsstoffe nur an Kali oder Kalk, so wird die Zufuhr von Asche oder Kalk die Erträge aller Früchte steigen machen, und tritt dann der Fall ein, wo man durch Zufuhr von Kalk mehr Phosphorsäure und Kali in den mehrerzielten Früchten erntet.

Die Erscheinung, dass ein Boden keine lohnende Ernte von einer

Halmfrucht liefert, während er fruchtbar bleibt für andere Gewächse, welche wie Kartoffeln, Klee oder Rüben eben so viel Phosphorsäure, Kali, Kalk als die Halmfrucht bedürfen, setzt voraus, dass in demselben an diesen Nährstoffen ein gewisser Ueberschuss vorhanden und an Kieselsäure Mangel war, und wenn er nach zwei oder drei Jahren, während welcher Zeit andere Früchte auf demselben Boden gebaut worden sind, wieder fruchtbar wird für die Kornpflanze, so kann dies nur geschehen sein, weil in demselben sich gleichfalls ein Ueberschuss von Kieselsäure befand, aber ungleich vertheilt und verbreitet, der sich während der Brachzeit von den Orten aus, wo sich dieser Ueberschuss befand, nach den Stellen hin, wo ein Mangel eingetreten war, verbreitete, so dass sich beim Beginn der darauf folgenden Culturzeit an allen diesen Orten das richtige Verhältniss aller dem Halmgewächs nöthigen Nährstoffe wieder vorfand.

Auf einem ähnlichen Grunde beruht es, wenn Erbsen oder Klee nur in gewissen Zwischenräumen auf einem gegebenen Felde auf einander folgen können, und es zeigt die Erfahrung, dass eine geschickte und fleissige mechanische Bearbeitung des Feldes für die Verkürzung dieser Zwischenräume in der Regel wirksamer ist, als die Düngung; ein Beweis, dass es in solchen Fällen nicht an der Quantität im ganzen Felde, sondern an der richtigen Menge der Nährstoffe in allen Theilen des Feldes gefehlt hat.

Verhalten des Bodens zu den Nährstoffen der Pflanzen in der Düngung.

Mit Dünger oder Düngstoffen bezeichnet man gewöhnlich alle Materien, welche, auf die Felder gebracht, die Erträge an Pflanzenmasse in einer nachfolgenden Cultur erhöhen, oder welche ein durch Cultur erschöpftes Feld wieder in den Stand setzen, lohnende Ernten zu liefern.

Die Düngmittel wirken theils direct als Nährstoffe, theils dadurch, dass sie, wie Kochsalz, Chilisalpeter, Ammoniaksalze, die Wirkung der mechanischen Bearbeitung verstärken und häufig einen eben so günstigen Einfluss als die Vermehrung der Nährstoffe im Boden ausüben können.

Bei den beiden letztgenannten Stoffen, von denen der Chilisalpeter in der Salpetersäure und die Ammoniaksalze in dem Ammoniak einen Nährstoff enthalten, ist es mit besonderen Schwierigkeiten verbunden, in den einzelnen Fällen zu unterscheiden, ob sie durch den nahrungsfähigen Bestandtheil oder dadurch gewirkt haben, dass sie die Aufnahme anderer Nährstoffe vermitteln.

In einem fruchtbaren Boden steht die mechanische Bearbeitung und Düngung in einer bestimmten Beziehung zu einander. Wenn nach einer reichen Ernte das Feld durch die mechanische Bearbeitung allein geschickt gemacht wird, eine gleich reiche Ernte im darauf folgenden Jahre zu liefern, wenn also die mechanischen Mittel ausreichen, um den Vorrath an Nährstoffen so gleichmässig zu verbreiten, dass die Pflanzen der darauf folgenden Cultur eben so viel allerorts im Boden vorfinden, wie in der vorangegangenen, so würde die weitere Zufuhr von Nährstoffen durch Düngung eine Verschwendung sein. Wenn aber das Feld eine solche Beschaffenheit nicht besitzt, so muss, um seine ursprüngliche Ertragsfähigkeit wieder herzustellen, durch den Dünger ersetzt werden, was ihm fehlt. Die mechanische Bearbeitung und der Dünger ergänzen sich also in gewissem Sinne gegenseitig.

Wenn von zwei gleichen Feldern das eine gut, das andere schlecht bearbeitet worden ist und beide auf ganz gleiche Weise gedüngt worden sind, so liefert das gut bearbeitete einen höheren Ertrag, d. h. der zugeführte Dünger wirkt scheinbar besser als auf dem schlecht bearbeiteten.

Von zwei Landwirthen, von denen der eine sein Feld besser kennt und zweckmässiger baut, als der andere, wird der erstere mit weniger Dünger in einer gegebenen Zeit eben so hohe Ernten oder mit derselben Menge Dünger höhere Ernten erzielen, als der andere.

Alle diese Dinge sollten bei der Beurtheilung des Werthes der Düngmittel in Betracht gezogen werden, da aber die Wissenschaft kein Maass besitzt, um den Einfluss der mechanischen Bearbeitung zu schätzen, so kann derselbe hier nicht berücksichtigt werden, sondern wir müssen uns an das halten, was wissenschaftlich messbar und vergleichbar ist.

Von zwei Feldern, welche gleich reich an Nährstoffen sind, wird das eine durch die mechanische Bearbeitung allein oder durch diese unterstützt durch Düngung häufig weit früher in den Stand gesetzt, eine Aufeinanderfolge von lohnenden Ernten von Halm- oder anderen Gewächsen zu liefern, als das andere.

Auf leichtem Sandboden wirken alle Arten von Dünger rascher und bemerklicher, als auf Thonboden; der Sandboden ist dankbarer, wie man sagt, gegen die Düngung, er giebt in höherem Maasse in den Früchten wieder von dem was er empfangen hat, als andere Bodensorten. Die stickstoffhaltigen Düngmittel, wie Wolle, Hornspäne, Borsten und Blut, von denen wir mit Bestimmtheit wissen, dass sie durch Ammoniakbildung wirken, üben in einer grossen Anzahl von Fällen einen weit günstigeren Einfluss auf viele Früchte aus, als das Ammoniak selbst; in anderen Fällen wirkt Knochenmehl besser auf die nachfolgenden Früchte, als das Kalksuperphosphat, und Asche besser, als wenn man dem Felde die in der Asche enthaltene gleiche Menge Kali giebt.

Alle diese Erscheinungen stehen in engster Verbindung mit dem Vermögen der Ackererde, Phosphorsäure, Ammoniak, Kali und Kieselsäure aus ihren Auflösungen an sich zu ziehen oder zu absorbiren. Die

Wiederherstellung der Ertragsfähigkeit eines erschöpften Feldes durch die mechanische Bearbeitung und Brache allein, ohne Düngung, setzt nothwendig voraus, dass sich an gewissen Orten des Feldes ein Ueberschuss von Nährstoffen befand, der ringsum in der Erde nach anderen Stellen hin sich verbreitete, in welchen ein Mangel eingetreten war.

Zu dieser Verbreitung gehört eine gewisse Zeit. Der Ueberschuss von Nährstoffen muss zunächst gelöst werden, um sich nach den Orten hinbewegen zu können, die durch eine vorangegangene Ernte an Nährstoffen verloren haben. Je näher die Orte des Ueberschusses an einander liegen, je kürzer der Weg ist, den die Nährstoffe zurückzulegen haben, und je geringer das Absorptionsvermögen der dazwischen liegenden Erdtheilchen für diese Nährstoffe ist, desto rascher wird das Ertragsvermögen des Bodens wieder hergestellt werden.

Jede Ackererde besitzt für Kali und die genannten Stoffe ein bestimmtes Absorptionsvermögen, welches sich durch die Anzahl von Milligrammen, welche 1 Cubikdecimeter = 1000 Cubikcentimeter Erde absorbiert, ausdrücken lässt.

So absorbierte z. B.:

| | | | | |
|---|----------------|------------------------------|------|------------------|
| 1 | Cubikdecimeter | eines Kalkbodens aus Cuba | 1360 | Milligramme Kali |
| 1 | " | Bogenhauser Lehmerde . . . | 2260 | " " |
| 1 | " | Erde aus Weihenstephan . . . | 2601 | " " |
| 1 | " | Erde aus Ungarn | 3377 | " " |
| 1 | " | Münchener Gartenerde | 2344 | " " |

Diese Unterschiede im Absorptionsvermögen sind, wie man leicht bemerkt, sehr beträchtlich; ein Volum Erde aus Weihenstephan absorbiert beinahe doppelt soviel Kali, als ein gleiches Volum Havannah-Erde; die untersuchte ungarische Erde nahe $2\frac{1}{2}$ mal so viel.

Diese Zahlen geben zu erkennen, dass eine gewisse Menge Kali, sagen wir 2600 Milligramme, dem Weihenstephaner Boden zugeführt, sich in dem Raum von 1 Cubikdecimeter Erde verbreiten wird; hätten wir das Kali in einer Lösung auf ein Stückchen Feld von 1 Quadratdecimeter aufgegossen, so wird das Kali 1 Decimeter tief, aber nicht tiefer dringen, jeder Cubikcentimeter würde 2,6 Milligramme, aber die Schichten unterhalb würden kein Kali oder keine bemerkliche Menge empfangen.

Wenn wir dieselbe Lösung auf eine gleiche Fläche ungarischer Erde oder Havannahboden aufgegossen hätten, so würde das durchfiltrierende Kali bei der ungarischen Erde nur bis zu einer Tiefe von etwas über 7 Centimeter und bei der anderen auf 19 Centimeter Tiefe dringen.

Die Verbreitbarkeit des Kalis in einem Boden verhält sich umgekehrt wie sein Absorptionsvermögen, das halbe Absorptionsvermögen entspricht der doppelten Verbreitbarkeit. In ähnlicher Weise wird sich das Kali, während der Brachzeit, in einem Felde verbreiten. Von der Stelle aus, wo es aus einem Silicate durch Verwitterung frei wird, wird es ringsum

ein um so grösseres Volum Erde mit Kali versehen, je geringer das Absorptionsvermögen derselben für das Kali ist.

Das Absorptionsvermögen der Ackererde für Kieselsäure ist ebenso ungleich, wie für das Kali.

Aus einer Lösung von kieselsaurem Kali absorbierte 1 Cubikdecimeter der folgenden Erden Kieselsäure:

| | | | | |
|----------|-----------------|---------------|------------------|----------------|
| Walderde | Ungarische Erde | Gartenerde I. | Bogenhauser Erde | Gartenerde II. |
| 15 | 2644 | 2425 | 2007 | 1085 Milligr. |

Es ergibt sich hieraus für die relative Verbreitbarkeit der Kieselsäure in diesen Bodensorten folgendes Verhältniss:

| | | | | |
|-----------------|---------------|------------------|----------------|----------|
| Ungarische Erde | Gartenerde I. | Bogenhauser Erde | Gartenerde II. | Walderde |
| 1,0 | 1,09 | 1,31 | 2,43 | 176 |

Die nämliche Menge Kieselsäure, die sich in 1000 Cubikcentimeter ungarischer Erde verbreiten und diese sättigen würde, würde 1310 Cubikcentimeter Bogenhauser Lehmerde, 2430 Cubikcentimeter Gartenerde II. und 176 000 Cubikcentimet. Walderde mit einem Maximum von Kieselsäure versehen.

Das reine Ammoniak sowohl wie das Ammoniak in Ammoniaksalzen wird von der Ackererde in ganz ähnlicher Weise wie das Kali absorbiert, und zwar nimmt 1 Kilogramm der folgenden Erden an Ammoniak auf:

| | | | |
|---------------|---------------------|------------|------------------|
| Havannah-Erde | Schleissheimer Erde | Gartenerde | Bogenhauser Erde |
| 5520 | 3900 | 3240 | 2600 Milligramme |

woraus sich für die Verbreitbarkeit des Ammoniaks ergibt:

| | | | |
|---------------|---------------------|------------|------------------|
| Havannah-Erde | Schleissheimer Erde | Gartenerde | Bogenhauser Erde |
| 1,0 | 1,42 | 1,70 | 2,12 |

Ganz auf dieselbe Weise lässt sich das Absorptionsvermögen der Ackererden für phosphorsauren Kalk, phosphorsaure Bittererde und phosphorsaures Bittererde-Ammoniak bestimmen und die relative Verbreitbarkeit derselben in verschiedene Bodensorten durch eine Zahl ausdrücken.

Unter Absorptionszahl wird in dem Folgenden die Menge der verschiedenen Nährstoffe in Milligrammen bezeichnet, welche ein Cubikdecimeter Erde ihren Lösungen entzieht.

Es ist für die Beurtheilung der Beschaffenheit des Feldes, für die Wirkung der Düngmittel, welche man demselben zuführt, und die Tiefe, bis zu welcher die verschiedenen Nährstoffe in den Boden dringen, von Werth, das Absorptionsverhältniss des Bodens für jeden derselben festzustellen, so z. B. absorbiert 1 Cubikdecimeter Bogenhauser Lehm Boden:

| | Ammoniak | Phosphorsaures Bittererde- Ammoniak | Kali | Phosphors. Kalk |
|-------------------------|----------|---|------|--------------------|
| Milligramme | 2600 | 2565 | 2366 | 1098 |
| Die Verbreitbarkeit ist | 1,0 | 1,01 | 1,10 | 2,36 |

Die zweite Reihe dieser Zahlen drückt also aus, dass, wenn ein Gewicht Ammoniak auf seinem Wege durch die Erde eine Tiefe von 10 Centimeter erreicht, so dringt die gleiche Menge Kali 11 Centimeter, eine gleiche Menge phosphorsaurer Kalk 23,6 Centimeter tief ein.

Wenn wir uns in einer Erde, welche, wie die Bogenhauser, pro Cubikcentimeter 1,098 Milligramme gelösten phosphorsauren Kalk absorbiert, Körnchen von phosphorsaurem Kalk zerstreut denken und uns vorstellen, dass an einem Orte im Boden eins von diesen Körnchen im Gewicht von 22 Milligrammen während dem Verlauf einer gewissen Zeit in kohlen-saurem Wasser löslich werde und sich in der umgebenden Erde verbreite, so wird sich die Erde rings um das Körnchen zuerst mit phosphorsaurem Kalk sättigen, und da die Kohlensäure im Wasser bleibt und ihr Lösungsvermögen fort dauert, so wird sich eine neue Lösung bilden, welche einem weiteren Umkreise von Erde phosphorsauren Kalk zur Absorption darbietet, und es werden zuletzt die 22 Milligramme phosphorsaurer Kalk, wenn sie gänzlich in der umgebenden Erde sich verbreitet haben, 20 Cubikcentimeter Erde mit dem Maximum von diesem Nahrungsstoffe in der zur Aufnahme günstigsten Form versehen. Die Raschheit der Auflösung und Verbreitung des phosphorsauren Kalks ist abhängig von dessen Oberfläche und es muss, wenn wir uns das Körnchen in ein feines Pulver verwandelt denken, in eben dem Verhältniss, als sich der auflösenden Kohlensäure in derselben Zeit mehr auflösbare Theilchen darbieten, eine an phosphorsaurem Kalk reichere Lösung bilden. Denken wir uns, dass in einem gewissen Zustande von grösserer Zertheilung sich in derselben Zeit doppelt oder dreimal so viel auflöst, so ist damit die Bedingung gegeben, dass die Verbreitung unter günstigen Verhältnissen in dem halben oder dritten Theile der Zeit erfolgt, als ohne die Zertheilung.

Man versteht hiernach, wenn die Wiederherstellung der Ertragsfähigkeit eines Bodens in der Brache oder durch Düngung in einem gegebenen Falle darauf beruht, dass die durch die Wurzeln an Phosphorsäure erschöpfte Erde von den umgebenden Erdtheilchen die mangelnde Phosphorsäure wieder empfangen müsse, dass die hierzu nöthige Zeit bei gleichem Gehalte an phosphorsaurer Erde im Verhältniss zu der Zertheilung verkürzt wird.

Es ist ferner ersichtlich, dass durch die Düngung mit Strohmist, welcher kieselsaures Kali nach seiner Verwesung hinterlässt und während seiner Verwesung Kohlensäure entwickelt, welche durch ihre Einwirkung auf die Silicate Kieselsäure frei macht, die Verbreitung der Kieselsäure erhöht werden muss, weil die organischen Materien keine Kieselsäure absorbiren und der Erde beigemischt das Absorptionsvermögen derselben verringern müssen. Die obenangeführte Walderde absorbiert nur äusserst kleine Mengen Kieselsäure aus ihren alkalischen Lösungen und man versteht, dass ihre Beimischung zur ungarischen Ackererde bewirken würde, dass die in Folge der Verwitterung frei gewordene Kieselsäure sich in einem grösseren Volum Erde verbreitet.

Mit der Zunahme der verbrennlichen Substanzen im Boden nimmt übrigens nicht in gleichem Verhältnisse das Absorptionsvermögen derselben für Kieselsäure bei allen Erden ab. So enthält die oben erwähnte ungarische Erde mehr (9,8 Procent) verbrennliche Substanz als die Bogenhauser Lehmerde (8,7 Procent) und ihr Absorptionsvermögen für Kieselsäure ist darum nicht kleiner, sondern vielmehr grösser als das der Bogenhauser Erde. Es geht hieraus hervor, dass auf das Absorptionsvermögen des Bodens und damit auf die Verbreitbarkeit der Kieselsäure noch andere Umstände Einfluss ausüben. Wenn ein Boden an sich reich an Kieselsäurehydrat ist, so wird er in allen Fällen weniger Kieselsäure absorbiren, als ein anderer an Kieselsäure armer, auch wenn dieser letztere viel mehr organische Substanzen enthält.

Die Absorptionszahlen zweier Ackererden geben keinen Anhaltspunkt ab für die Beurtheilung der Güte des Bodens oder seines Gehaltes an Nährstoffen, sondern sie sagen uns nur, dass die Nährstoffe der Pflanzen in der einen Erde sich über gewisse Orte weiter hinaus, als in der anderen bewegen, dass der eine Boden ihrer Weiterbewegung ein grösseres Hinderniss als der andere entgegensetzt. Der Landwirth erfährt, indem er die Stärke dieses Hindernisses kennen lernt, ob es einen schädlichen oder nützlichen Einfluss auf die Bebauung seiner Felder ausübt, und führt ihn zum Verständniss der Mittel, um den schädlichen zu beseitigen und den nützlichen zu verstärken.

Wenn man einen fruchtbaren Sandboden mit einem gleich fruchtbaren Lehm- oder Mergelboden in Beziehung auf ihren Gehalt an Nährstoffen vergleicht, so wird man mit Erstaunen gewahr, dass der erstere mit dem halben, vielleicht dem vierten Theil der Summe von Nährstoffen, welche der Lehm Boden enthält, ebenso reiche Ernten wie dieser liefert. Um dieses Verhältniss richtig zu verstehen, muss man sich erinnern, dass es für die Ernährung eines Gewächses weniger auf die Masse als auf die Form der Nahrung in dem Boden ankommt, so wie z. B. 1 Loth Kohle in der Knochenkohle eine ebenso grosse wirkungsfähige Oberfläche darbietet, als 1 Pfund Kohle in der Holzkohle. Wenn die kleinere Menge Nährstoffe in dem Sandboden eine ebenso grosse aufnahmefähige Oberfläche darbietet als die grössere Masse derselben im Lehm Boden, so müssen die Pflanzen in dem ersteren ebenso gut gedeihen als auf dem anderen.

Wenn ein Cubikdecimeter einer fruchtbaren Lehmerde mit 9 Cubikdecimeter Kieselsand gemischt wird, so dass ein jedes Sandtheilchen umgeben ist mit Lehmtheilchen, so werden in dem gemischten Boden ebenso viel Wurzelfasern und Lehmtheile in Berührung kommen können als in dem gleichen Volum des ungemischten, und wenn alle Lehmtheilchen gleichviel Nahrung abzugeben vermögen, so wird eine Pflanze aus dem gemischten Boden ebenso viel empfangen, als von dem ungemischten, obwohl dieser im Ganzen zehnmal reicher ist.

Aller fruchtbare Sandboden besteht aus Mischungen von Sand mit mehr oder weniger Thon oder Lehm, und da der Kieselsand ein sehr

geringes Absorptionsvermögen für Kali und die anderen Pflanzennahrungsstoffe besitzt, so verbreiten sich die zugeführten, löslich gewordenen Düngerbestandtheile rascher und dringen tiefer in den Sandboden ein; er giebt auch verhältnissmässig mehr davon zurück als jeder andere Boden. In vielen Fällen kann darum der steife Lehm Boden durch Sand verbessert werden, so wie die Beimischung des Lehms zum Sandboden bewirkt, dass die im Dünger zugeführten Nährstoffe der Oberfläche näher bleiben oder in der Ackerkrume fester gehalten werden.

Wenn der Sandboden in den Ernten im Verhältniss zu dem, was er enthält, mehr Nahrungsstoffe abgiebt als ein fruchtbarer Lehm Boden, so ist die Folge eine raschere Erschöpfung; seine Ertragsfähigkeit hält nicht lange an und kann nur durch häufige Zufuhr der entzogenen Bestandtheile durch Düngung erhalten werden; in eben dem Grade, als der Dünger darauf günstiger wirkt, nimmt die Wirkung der mechanischen Bearbeitung auf die Wiederherstellung des Ertragsvermögens ab.

Die nämlichen Ursachen, welche dem erschöpften Lehm Boden einen grossen Theil seines verlorenen Ertragsvermögens wiedergeben, wenn er einfach mit dem Pfluge gehörig bearbeitet wird, sind auch im Sandboden thätig, allein sie bringen keine oder nur eine geringe Wirkung hervor, weil es im Sandboden an den Stoffen fehlt, welche dadurch wirkungsfähig gemacht werden.

Da die Oberfläche einer Hectare gleich einer Million Quadratdecimeter ist, so drücken die Absorptionszahlen die Anzahl der Kilogramme Kali, Phosphorsäure und Kieselerde aus, welche auf das Feld gebracht, von der Oberfläche abwärts, sich auf eine Tiefe von 10 Centimeter (etwa 4 Zoll) verbreiten würden. Völker, Henneberg und Stohmann haben die Beobachtung gemacht, dass von den Erden, deren Absorptionszahl für Ammoniak sie bestimmten, aus einer concentrirteren Lösung von Ammoniak oder Ammoniaksalzen eine grössere Quantität von der Erde zurückgehalten wurde als von einer verdünnten, woraus sich von selbst ergibt, dass sich Wasser und Erde in das Ammoniak theilen, und dass aus einer mit Ammoniak vollkommen gesättigten Erde reines Wasser eine gewisse Menge Ammoniak entziehen muss, ähnlich wie die Kohle den Farbstoff einer schwach gefärbten Flüssigkeit ganz vollständig, einer stärker gefärbten hingegen weit mehr entzieht, wovon aber ein Theil schwächer gebunden ist und durch Wasser entzogen werden kann.

In den Versuchen von Völker liess sich einer mit Ammoniak gesättigten Erde die Hälfte desselben durch Behandlung mit sehr viel Wasser entziehen; die andere hielt die Erde zurück.

Erden, welche viel verwesende vegetabilische Stoffe enthalten, absorbiren mehr Ammoniak als daran arme und halten es stärker zurück. Auch wenn man annimmt, dass zur vollständigen Zurückhaltung des durch die Absorptionszahl bezeichneten Ammoniaks anstatt eines, zwei Cubikdecimeter Erde erforderlich sind, so sieht man ein, dass die üblichen Düngungen mit einem ammoniakreichen Düngmittel, mit Guano oder mit

Ammoniaksalzen die Erde nur bis zu einer sehr geringen Tiefe mit diesem Nährstoff bereichern.

Um eine Hectare Bogenhauser Lehmerde von der Oberfläche abwärts einen Decimeter tief ganz oder zwei Decimeter tief halb mit Ammoniak zu sättigen, müsste man 2600 Kg oder 52 Centner reines Ammoniak oder 200 Centner schwefelsaures Ammoniak zuführen.

Durch eine Düngung von 800 Kg Guano mit 10 Procent Ammoniak führt man der Hectare Bogenhäuser Feld 80 Kg Ammoniak, etwas mehr als den dreissigsten Theil der Menge zu, die man zur halben Sättigung auf 20 Centimeter Tiefe bedarf; ohne den Pflug und die Egge würde die ganze im Guano gegebene Ammoniakmenge nicht tiefer im besten Falle als sieben Millimeter eindringen. Die Pflanzen bedürfen aber zu ihrem gedeihlichen Wachsthum einer mit Nährstoffen gesättigten Erde nicht, wie denn die angeführten Absorptionszahlen zeigen, wie weit entfernt die Ackererden von dem Zustande der Sättigung sind; zu ihrer vollen Ernährung ist es allein erforderlich, dass die Wurzeln der Pflanzen abwärts im Boden mit einer gewissen Menge gesättigter Erde in Berührung kommen, und es hat die mechanische Bearbeitung des Feldes den wichtigen Zweck, die mit einem Nährstoff gesättigten Erdtheile an die Orte der anderen zu bringen oder damit zu mengen, welche durch eine vorangegangene Cultur ärmer an Nährstoffen geworden sind.

Der Mittelrertrag einer Hectare Weizen (2000 Kg Korn und 5000 Kg Stroh) enthält 52 000 000 mg Kali, 26 000 000 mg Phosphorsäure, ferner 54 000 000 mg Stickstoff. Nimmt man an, dass der Stickstoff vom Boden geliefert wurde, so empfangen die auf einem Quadratmeter wachsenden Weizenpflanzen den zehntausendsten Theil des Kalis, der Phosphorsäure und des Stickstoffs, oder zusammen 13 200 mg. Nimmt man 100 Pflanzen auf den Quadratmeter an, so nimmt eine jede 132 mg dieser Bestandtheile aus dem Boden auf oder 54 mg Stickstoff = 65 mg Ammoniak, 52 mg Kali, 26 mg Phosphorsäure.

Ein jeder Cubikcentimeter Bogenhauser Lehm Boden absorbiert bis zur Sättigung 2,6 mg Ammoniak, 2,3 mg Kali und 0,5 mg Phosphorsäure, und wir würden demnach durch die Zufuhr von 25 cbcm der gesättigten Erde und 25 mg phosphorsauren Kalk zu jedem Quadratdecimeter Feld die genannten Nährstoffe, welche die Weizenpflanze dem Boden genommen hat, in ausreichender Menge wieder ersetzen können; auf einen Quadratdecimeter Fläche und eine Tiefe von 20 cm gerechnet machen die 25 cm den achtzigsten Theil der Erdmasse aus.

Die früher beschriebenen Versuche von Nägeli und Zöller geben ein gutes Beispiel für eine solche Düngung ab. Der Dünger bestand aus Torf, der mit Nährstoffen theilweise gesättigt war, und der mit 3 Vol. beinahe völlig unfruchtbaren Torf vermischt, einen Boden herstellte von derselben Fruchtbarkeit wie eine gute Gartenerde.

Eine solche Zufuhr von mit Nährstoffen gesättigter Erde findet in der Regel nicht statt, aber die Düngung selbst geht genau in der ange-

nommenen Weise vor sich. Man überfährt das Feld mit flüssigen oder festen Düngstoffen, welche Nährstoffe enthalten, die sich sogleich, wenn sie sich in Lösung befinden, oder nach und nach, wenn sie eine gewisse Zeit zur Lösung brauchen, mit den Erdtheilen, mit denen sie in Berührung sind, sich verbinden und diese sättigen, und es ist eigentlich diese mit Düngstoffen an der äussersten Oberfläche oder an inneren Stellen gesättigte Erde, mit welcher der Landwirth düngt, d. h. mit welcher er die entzogenen Nährstoffe ersetzt.

Die Erfahrung hat den Landwirth gelehrt, an welchen Orten im Boden die Bereicherung desselben mit Nährstoffen ihm oder vielmehr seinen Pflanzen am nützlichsten ist, und es ist im höchsten Grade merkwürdig, wie er der Natur der zu erzielenden Pflanzen und des Bodens und der Entwicklungsperiode der Pflanzen entsprechend die richtige Art der Düngung, das mehr oder weniger tiefe Unterpflügen oder blosse Aufstreuen des Düngers herausgefunden hat (*Journ. of the Royal Agric. Soc. of England*. T. 21, p. 330).

Die Erfolge des Landwirths würden in diesen Beziehungen noch grösser sein, wenn die Nährstoffe in dem zur Hauptanwendung kommenden Düngmittel, worunter hier der Stallmist gemeint ist, gleichförmiger gemischt und verbreitet wären, weil dies eine gleichförmigere Vertheilung derselben in der Erde gestatten würde.

Der Stallmist ist eine sehr ungleichförmige Mischung von verwesendem Stroh und Pflanzenüberresten mit festen Thierexcrementen, welche letztere im Ganzen die kleinere Masse ausmachen; er ist getränkt mit Flüssigkeiten, welche Ammoniak und Kali in Lösung enthalten. Wenn man von hundert Stellen aus einem Misthaufen hundert Proben zu ebenso vielen Analysen nimmt, so liefert jede ein anderes Verhältniss von Nährstoffen, und es liegt auf der Hand, dass durch die Mistdüngung kaum eine Stelle im Boden die nämliche Menge von Nährstoffen wie eine andere empfängt.

Der Platz, auf welchem ein Misthaufen auf einem Felde im Regen lag, giebt sich während der ganzen Dauer einer Vegetationsperiode und oft noch im zweiten Jahre durch einen üppigeren Pflanzenwuchs, namentlich bei Halmpflanzen, zu erkennen, ohne dass die darauf wachsenden Pflanzen immer einen bemerklich höheren Kornertrag liefern. Wenn das Kali und Ammoniak, was diese eine Stelle mehr empfangt, als die Pflanze zur Kornbildung nöthig hatte, mehr verbreitet und den anderen Pflanzen an anderen Orten zugänglich gewesen wäre, so würden sie beigetragen haben, den Kornertrag derselben zu erhöhen, während die Anhäufung des Ueberschusses an dem einen Orte nur den Strohertrag vermehrte. Die ungleiche Vertheilung der anderen Bestandtheile des Stallmistes im Boden hat eine ähnliche Ungleichheit in der Entwicklung der Theile des Halmgewächses zur Folge. Auf einem ideellen Felde, in welchem die Nährstoffe vollkommen gleichförmig verbreitet und den Wurzeln zugänglich sind, sollten bei Gleichheit aller anderen Bedingungen alle dar-

auf wachsenden Halmpflanzen eine gleiche Höhe haben und jede Aehre dieselbe Anzahl und dasselbe Gewicht Körner liefern.

In dem kurzen, verrotteten Stalldünger sind die Nährstoffe weit gleichförmiger als in dem frischen Strohmist verbreitet, und eine noch gleichförmigere Verbreitung erzielt der Landwirth, wenn er den Mist mit Erde geschichtet oder gemischt zu dem sogenannten Compost verwesen lässt. Da der Mist sowie alle Düngmittel nur durch die Erdtheile wirken, die sich mit den im Mist enthaltenen Nährstoffen gesättigt haben, so ist es unter gewissen Umständen für den Landwirth vortheilhaft, mit dessen Hülfe eine solche gesättigte Erde zu bereiten und damit zu düngen, dieses kann natürlich auf dem Felde selbst geschehen. Nimmt man nach den werthvollen Untersuchungen von Völcker in einem Cubikmeter Stalldünger (= 500 Kg oder 1000 Pfund) an, 660 Pfund Wasser, 6 Pfund Kali und 12 Pfund Ammoniak, so würde dieser mit einem Cubikmeter Erde gemischt, von welcher 1 cbdm 3000 mg Kali und 6000 mg Ammoniak absorhirt, nach der vollkommenen Verwesung der organischen Materien des Mistes (welche etwa 25 Procent seines Gewichtes ausmachen) und nach der Verdunstung seiner halben Wassermenge etwa $1\frac{1}{4}$ cbm einer mit allen Nährstoffen im Mist vollständig gesättigten Erde liefern. Bodensorten, welche die bezeichnete Menge Kali und Ammoniak absorbiren, finden sich überall, und dem Landwirthe kann es nicht schwer fallen, die für seine Composthaufen geeignetste Erde zu wählen.

Der Mist hat bekanntlich noch eine mechanische Wirkung, durch welche der Zusammenhang eines festen Bodens gemindert oder der schwere Boden leichter und poröser gemacht wird. Für diese Bodensorten eignen sich die Composte weniger gut, und die dem Mist zuzusetzende Erde muss durch einen sehr lockeren Körper, am besten durch Torfklein, ersetzt werden¹⁾.

Wenn man die Erträge, welche durch Stallmist, Knochenmehl, Guano, in manchen Fällen durch Holzasche und Kalk manchen Feldern abgewonnen werden, mit denen vergleicht, welche das nämliche Feld in ungedüng-

¹⁾ Weit wichtiger vielleicht noch als die Düngung mit Composten, welche immerhin viel Arbeit und mehr Transport kosten, ist die Benutzung der absorbirenden Eigenschaften der Erden und des Torfes zur Fixirung der in der Mistjauche enthaltenen Nährstoffe. Wenn der Boden einer Miststätte aus einer 1 m hohen Schicht lockeren Torfes besteht, so hat man bei einer Grundfläche von je 10 m Länge und Breite 100 cbm Torf, durch welche man alle Jauche versickern lassen kann, ohne dass man in Sorge zu sein braucht, auch nur den kleinsten Theil der wirksamen Bestandtheile der Jauche zu verlieren. Der Torf kann gleich dem Mist gebraucht und muss, wie sich von selbst versteht, jährlich erneuert werden. Auf Feldern, die nicht beackert werden, wie Wiesen, wirkt die Jauche natürlich rascher. Der in der Umgegend Münchens vorkommende Torf absorhirt in Pulvergestalt pro 1000 cbcm, welche 330 g wiegen, 7,892 g Kali und 4,169 g Ammoniumoxyd.

tem Zustande liefert, so erscheint die Wirkung dieser Düngmittel wahrhaft räthselhaft.

Der Ertrag eines ungedüngten Feldes muss seinem Gehalt an wirk-samen Nährstoffen entsprechend sein; ein niederer Ertrag entspricht einem niederen Gehalt desselben. Vergleicht man nun in einem der er-wähnten Fälle den Gehalt an Nährstoffen des ungedüngten Stückes mit dem Ertrag, und die Zufuhr an Nährstoffen oder die Düngermenge mit dem Mehrertrag, so erscheint der letztere ausser allem Verhältniss viel grösser zu sein, und man wird zu der Meinung verführt, als ob die im Dünger gegebenen Nährstoffe, Phosphorsäure, Kali, Ammoniak, weit wirk-samer seien als die im Boden vorhandenen, oder dass die grössere Masse derselben im Boden wirkungslos und seine Ertragsfähigkeit vorzugsweise durch die Düngerzufuhr bedingt gewesen sei. Daher kommt es denn, dass, während eine gewisse Anzahl von Landwirthen glaubt, dass man allen Dünger entbehren kann, und die mechanische Arbeit allein genüge, um das Feld ertragsfähig zu machen, andere der Meinung sind, dass man nur durch Düngung das Feld fruchtbar erhalten könne. Alle diese Ansichten beziehen sich nur auf einzelne Fälle und haben im Allgemeinen keine Gültigkeit, da weder die einen noch die anderen sich klar gemacht haben, auf welchem Grunde die Ertragsfähigkeit beruht.

In den Versuchen, welche das Generalcomité des landwirthschaft-lichen Vereins in Baiern im Jahre 1857 über die Wirkungen des Phos-phorits auf den an Phosphorsäure armen Feldern in Schleissheim anstellen liess, wurden auf zwei Strecken Feld, wovon das eine pro Hectare mit 241,4 Kg Phosphorsäure (657,4 Kg Phosphorit mit Schwefelsäure auf-geschlossen) gedüngt worden war, folgende Erträge in Sommerweizen geerntet:

| | 1857 | | | |
|---|-------------|-----------|-----------|--|
| | Gesamternte | Korn | Stroh | |
| Gedüngt mit 657 Kg phos- phorsaurem Kalk | 5114,7 Kg | 1301,7 Kg | 3813,0 Kg | |
| Ungedüngt | 2301,0 " | 644,3 " | 1856,7 " | |

Nach einer chemischen Analyse der Erde von diesem Felde (von Zöllner in dem hiesigen chemischen Laboratorium ausgeführt) gab diese an kalte Salzsäure eine Quantität Phosphorsäure ab, die auf die Hectare auf eine Tiefe von 25 cm sich auf 2376 Kg berechnet, entsprechend 5170 Kg phosphorsaurem Kalk.

Die Menge der Phosphorsäure, welche die Pflanze im Stroh und Korn von dem gedüngten Stück empfangen hatte:

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| beträgt im Ganzen | 17,5 Kg Phosphorsäure; |
| die vom ungedüngten | 8 " " |

durch die Düngung wurde mehr geerntet 9,5 Kg Phosphorsäure.

In den 657,4 Kg Phosphorit empfing das Feld im Ganzen 241,4 Kg Phosphorsäure, die in dem Mehrertrag vorhandene macht demnach nur $\frac{1}{25}$ der zugeführten Phosphorsäure aus.

Dieses Ergebniss kann nicht in Verwunderung setzen, denn die zugeführte Phosphorsäure wurde nicht der Pflanze, sondern dem ganzen Felde gegeben. Wäre es möglich gewesen, jede Wurzel mit soviel Phosphorsäure oder phosphorsaurem Kalk zu umgeben, als der Mehrertrag an Korn und Stroh zu seiner Bildung bedurfte, so würde man mit einer Düngung von $9\frac{1}{2}$ Kg Phosphorsäure ausgereicht haben, um den Ertrag des ungedüngten Stückes zu verdoppeln; allein in der Weise, wie die Düngung geschah, empfing jeder Theil des Feldes gleichviel Phosphorsäure.

Von der ganzen Quantität von 241,4 Kg kamen aber nur 9,5 Kg mit den Pflanzenwurzeln in Berührung, während der Rest wirkungsfähig, aber nicht wirksam war. Um der Pflanze die Möglichkeit darzubieten, einen Gewichtstheil Phosphorsäure zu erlangen, war es nothwendig, dem Felde fünfundzwanzig mal mehr zu geben.

Auf der anderen Seite erscheint, gegen die vorrätthige Menge Phosphorsäure im Felde gehalten, die Wirkung der Düngung ausser allem Verhältniss grösser.

Die in dem Korn und Stroh vom ungedüngten Stück enthaltene Phosphorsäure macht $\frac{1}{300}$ der Phosphorsäuremenge im Felde, die in dem Mehrertrage $\frac{1}{25}$ der des Düngers aus; da durch den Dünger die Ernte verdoppelt wurde, so scheint hiernach die Wirkung der im Dünger zugeführten Phosphorsäure zwölf mal grösser gewesen zu sein.

Die zugeführte Phosphorsäure (241,4 Kg) machte $\frac{1}{10}$ der ganzen im Felde vorrätthigen (2376 Kg) aus. Bei gleicher Wirkung beider hätte der Mehrertrag der Zufuhr entsprechen sollen, aber anstatt einem Zehntel Mehrertrag erntete man den doppelten Ertrag des ungedüngten Stückes.

Diese Thatsache erklärt sich, wenn man die Absorptionszahl des Schleissheimer Feldes für Phosphorsäure oder phosphorsauren Kalk in Betracht zieht.

Wenn die im Felde vorrätthige Phosphorsäure in der Form von Kalkphosphat (5170 Kg) auf 25 cbcm Tiefe gleichmässig verbreitet gedacht wird, so enthält jeder Cubikdecimeter 2070 mg, jeder Cubikcentimeter etwa 2 mg Kalkphosphat.

Das Feld wurde gedüngt mit 657,4 Kg Phosphorit in löslichem Zustande, welche 525 Millionen Milligramme reinem phosphorsauren Kalk entsprachen.

Nach directen Bestimmungen absorbirt 1 cbdm der Schleissheimer Erde 976 mg phosphorsauren Kalk; ein jeder Quadratdecimeter empfing 525 mg, welche abwärts im Regenwasser gelöst hinreichten, um 5,4 cm (etwas über 2 Zoll) tief die Erde vollständig, oder 10,8 cm tief halb mit phosphorsaurem Kalk zu sättigen. Diese Bodenschichten wurden demnach

nicht um $\frac{1}{10}$, sondern um 50 Procent an phosphorsaurem Kalk durch die Düngung bereichert, und zwar der grösste Theil in einem für die Pflanze aufnahmefähigen Zustande; das Absorptionsvermögen der Erde erklärt mithin, warum die Ernten von gedüngten Feldern eher im Verhältnisse stehen zu den zugeführten Nährstoffen im Dünger, als zu der Summe derselben im Felde.

Die Wirkung einzelner oder mehrerer Düngstoffe ist noch stärker auf Bodensorten, welche noch ärmer als das erwähnte Schleissheimer Feld an Nährstoffen sind.

Die folgenden Resultate wurden auf einem für diesen Zweck umgebrochenen Lande erhalten, welches 15 Jahre lang der Pflug nicht berührt und als Schafweide gedient hatte; die ganze Erdschicht auf den Schleissheimer Feldern hat höchstens 6 Zoll Tiefe, unterhalb derselben ist keine Erde mehr, sondern ein Bett von Rollsteinen, welche das Wasser gleich einem Siebe mit zollgrossen Maschen durchlassen; der Ertrag des ungedüngten Stückes giebt einen Begriff von seiner Sterilität. Ein anderer Theil wurde mit Kalksuperphosphat gedüngt pro Hectare mit 525 Kg Phosphorit mit Schwefelsäure aufgeschlossen, enthaltend 193 Kg Phosphorsäure oder 420 Kg Kalkphosphat.

1858er Winterroggen (Schleissheim) pro Hectare:

| | Gesamtmternte | Korn | Stroh |
|---|---------------|----------|-----------|
| Düngung mit Phosphorit (aufgeschlossen durch Schwefelsäure) = 525,3 Kg, darin 192,8 Kg PO_5 , entsprechend 420 Kg reinem phosphorsaurem Kalk | 1995,4 Kg | 654,2 Kg | 1341,2 Kg |
| Ungedüngt | 397,6 „ | 115,0 „ | 282,6 „ |

Nach der Untersuchung von Zöllner enthielt dieses Feld pro Hectare auf 6 Zoll Tiefe nur 727 Kg Phosphorsäure.

Das mit Phosphorsäure gedüngte Feld lieferte den sechsfachen Ertrag an Korn und den fünffachen an Stroh des ungedüngten. Man wird aber bemerken, dass dieser höhere Ertrag, so mächtig auch die Wirkung der Düngung sich aussprach, noch nicht den des ungedüngten, seit längerer Zeit in Cultur gehaltenen Stückes in dem vorhin erwähnten Versuche erreichte, und wenn man den Phosphorsäuregehalt beider Felder mit einander vergleicht, so sieht man, da der Schafweideboden auf 6 Zoll Tiefe nur halb so viel als der andere enthält, dass die Düngung mit Superphosphat eben nur hinreichte, um das Schafweidefeld bis zu 8 bis 10 cm Tiefe dem anderen ungedüngten Stücke in seinem Gehalte an Phosphorsäure gleich zu machen.

Diese Betrachtungen machen anschaulich, wie durch die Absorption der Nährstoffe in den oberen Schichten des Feldes eine, im Verhältniss zu dem ganzen Vorrathe im Boden, kleine Menge von Nährstoffen oder Düngerbestandtheilen auf Gewächse, welche ihre Nahrung vorzugsweise von den oberen Schichten der Ackerkrume empfangen, eine so auffallende Wirkung auf die Erhöhung der Erträge hat.

Wenn die Wirkung auf der Summe der wirkenden Theile an gewissen Orten im Boden beruht, so wird die Wirkung verstärkt mit der Anzahl der Theile, um welche die Summe an eben diesen Orten vermehrt worden ist.

Die genauere Bekanntschaft mit der Zusammensetzung der Ackerkrume sowie ihres Verhältnisses zu den Nährstoffen muss mit der Beachtung der Natur der Pflanze und ihrer Bedürfnisse allmählich zu dem Verständniss vieler anderen Erscheinungen im Feldbau führen, die bis jetzt völlig unerklärt und für viele Landwirthe geradezu räthselhaft sind. Obwohl wir die allgemeinsten Gesetze der Pflanzenvermehrung, so weit diese mit Boden, der Luft und dem Wasser in Verbindung stehen, auf das Genaueste kennen, so ist es dennoch in vielen Fällen ausserordentlich schwierig, die Ursachen zu erkennen, welche einen Boden unfruchtbar für ein Culturgewächs, z. B. für Erbsen, machen, während er fruchtbar für andere ist, welche die nämlichen Nährstoffe wie die Erbsen und oft noch in grösserer Menge bedürfen. Wenn der Boden reich genug an Nährstoffen für diese anderen Gewächse ist, warum wirken diese nicht auf gleiche Weise auf die Erbsenpflanzen ein, welche Ursachen hindern die Erbsenpflanze, sich die Nährstoffe anzueignen, welche anderen Gewächsen der Boden in vollkommen aufnahmefähigem Zustande darbietet; wie kommt es zuletzt, dass eben dieser Boden nach einigen Jahren wieder eine lohnende Ernte an Erbsen giebt, obwohl wir denselben durch dazwischen eingeschobene Ernten eher an Nährstoffen ärmer gemacht als bereichert haben; dass die Erbse unter Hafer, Gerste, Sommerkorn gesäet häufig einen höheren Ertrag liefert, als wenn sie allein auf dem Boden wächst und sich mit den anderen Pflanzen in die vorrätigen Nährstoffe nicht zu theilen hat?

Ganz ähnliche Erscheinungen beobachten wir in der Cultur des Klees. In sehr vielen Gegenden wird ein Feld nach einer Anzahl von Kleeernten so gut wie unfruchtbar für Klee.

Die Düngung stellt in einem solchen Falle die Ertragsfähigkeit des Feldes für den Klee nicht wieder her, aber nach einigen Jahren, während welcher Zeit eben dieses Feld lohnende Ernten von Halm- und Knollengewächsen geliefert hat, wird es vorübergehend wieder fruchtbar für Klee.

Für eine ganze Anzahl von Culturpflanzen sind uns die specifischen Düngmittel, d. h. diejenigen Düngstoffe, die auf die Mehrzahl der Felder besonders günstig einwirken, ziemlich genau bekannt; der Stallmist ist in der Regel allen nützlich; für Getreidepflanzen haben Ammoniaksalze, für Turniprüben Kalksuperphosphat einen vorzugsweisen Werth; Knochenmehl und Asche erhöhen die Erträge von fruchtbaren Kleefeldern auf sichtbare Weise; und ebenso wird ein Feld durch Zufuhr von Kalk oft fruchtbar für Klee, den es sonst nicht trägt.

Aber auf Feldern, welche ihre Ertragsfähigkeit für Klee oder Erbsen verloren haben und die man mit erbsen- oder kleemüde bezeichnet hat,

wirken alle diese sonst günstigen Bedingungen ihres Wachstums kaum mehr ein. Was diesen Pflanzen sonst und anderen Pflanzen immer zusagt, hat über einen gegebenen Zeitpunkt auf das Klee- und Erbsenfeld keine Wirkung mehr. Diese Erscheinung ist es vorzüglich, welche den Landwirth in Verlegenheit setzt und welche Zweifel gegen die Lehren der Wissenschaft in ihm weckt.

Wenn er gezwungen ist, auf die Cultur ihm nützlicher Pflanzen auf Reihen von Jahren hinaus zu verzichten, und die Wissenschaft nicht vermögend ist, ihm über die Schwierigkeiten hinauszuhelpen, was nützt ihm da die Theorie, so spricht der Landwirth, welcher das Wesen der Theorie nicht kennt.

Es ist ein ziemlich verbreiteter Irrthum, dass die genaue Bekanntschaft mit der Theorie das Vermögen verleihe, alle vorkommenden Fälle zu erklären. Die Theorie erklärt aus sich selbst heraus weder in der Astronomie noch in der Mechanik, Physik oder Chemie irgend einen Fall; sie umfasst und bezeichnet die Ursachen, welche allen Fällen zu Grunde liegen, nicht die einzelnen, welche den Fall bedingen.

Die Theorie erheischt, dass die jeden Fall regierenden Ursachen einzeln aufgesucht werden, und die Erklärung ist alsdann der Nachweis oder die Auseinandersetzung, wie sie zusammenwirken, um den Fall hervorzu- bringen; sie deutet uns an, was wir aufzusuchen haben, und sie lehrt, wie dies durch richtige Versuche geschieht.

Der Grund, warum wir über die soeben angedeuteten Erscheinungen keine Aufschlüsse besitzen, beruht im Wesentlichen darauf, dass der Landwirth bis jetzt sich sehr wenig um die Ursachen derselben bekümmert hat, sowie denn die Aufsuchung von Ursachen die Sache des praktischen Landwirthes eigentlich nicht ist, und weil die, welche sich diese Aufgaben gestellt haben, in der Art, wie sie sie zu lösen versuchten, gezeigt haben, dass ihnen die Pflanze als ein organisches Wesen, welches seine eigenen Bedürfnisse hat, die man genau kennen muss, wenn man es in der rechten Weise erziehen will, ein ziemlich unbekanntes Ding ist.

Wenn ich in dem Folgenden die Erbsenpflanze mit einem Halmgewächs vergleiche, so will ich damit die Aufmerksamkeit der Landwirthe gewissen Eigenthümlichkeiten zulenken, die bei der Cultur beider Pflanzen in Betracht kommen.

Für Gerste und Erbsen z. B. ist ein mässig feuchter, kräftiger, nicht zu bindender, von Unkraut gänzlich reiner Boden besonders geeignet; ein milder, gutgepflegter, kalkhaltiger Lehm- oder Mergelboden giebt für beide den besten Standort ab. Eine 6 Zoll hohe Ackerkrume reicht für die Gerstenpflanze hin, ihre feinen verfilzten Wurzeln breiten sich büschelförmig aus; ein lockerer Untergrund ist der Gerste eher schädlich als nützlich. Eine frische Düngung vor der Saat wirkt auf die Gerstenpflanze mächtig ein. Während das Saatkorn bei der Gerste nicht tiefer als 1 Zoll liegen darf, keimt und gedeiht die Erbse am besten, wenn die Saat 2 bis 3 Zoll tief in die Erde kommt, ihre Wurzeln verbreiten sich

nicht seitwärts, sondern gehen tief in die Erde; sie bedarf darum eines tiefgrundigen und tiefbearbeiteten Bodens und eines freien, lockeren Untergrundes. Frische Düngung hat auf die Erbsenpflanze wohl einen Einfluss, aber er steht nicht im Verhältniss zu dem, welchen frische Düngung auf die Gerstenpflanze übt.

Aus diesen Eigenthümlichkeiten beider Pflanzen folgt von selbst, dass die Gerstenpflanze die Bedingungen ihres Gedeihens hauptsächlich aus der oberen Ackerkrume, die Erbsenpflanze hingegen aus tieferen Schichten empfängt.

Sehen wir nun näher zu, was beide Pflanzen von dem Boden beanspruchen, so ergeben die Untersuchungen Mayer's (Ergebn. landw. und agricult.-chemischer Versuche. München 1857. S. 35), dass der Erbsensamen $\frac{1}{3}$ mehr Aschenbestandtheile (3,5 Proc.) als die Gerste enthält; der Phosphorsäuregehalt ist bei beiden ziemlich gleich (2,7 Proc.). Unter sonst gleichen Verhältnissen muss demnach der Untergrund, aus welchem die Erbse die Phosphorsäure empfängt, ebenso reich daran sein als die Ackerkrume, welche diesen Bestandtheil der Gerstenpflanze liefert.

Anders verhält es sich mit dem Stickstoffgehalte; auf dieselbe Menge Phosphorsäure enthalten die Erbsen beinahe das Doppelte mehr Stickstoff als die Gerste; nimmt man an, dass beide Pflanzen den Stickstoff vom Boden empfangen, was für die Erbse vielleicht nicht ganz richtig ist, so muss für jeden Milligramm Stickstoff, den die Gerstenpflanze durch ihre Wurzeln aufnimmt, die Erbsenpflanze das Doppelte empfangen, die erstere aus der Ackerkrume, die andere aus den tieferen Schichten.

Diese Betrachtungen werfen, wie ich glaube, einiges Licht auf die Erbsencultur, denn sie setzt eine ganz eigene Bodenbeschaffenheit voraus, und man begreift eher, dass ein durch die Erbsencultur erschöpfter Boden keine Erbsen mehr trägt, als dass derselbe nach einer Reihe von Jahren wieder fruchtbar für Erbsen wird.

Der für die Erbsen fruchtbare Untergrund soll nach diesen Betrachtungen und der hypothetischen Gleichheit der aufnehmenden Wurzeloberfläche, eben so reich an Phosphorsäure und doppelt so reich an Stickstoff sein, als eine für die Cultur der Gerste geeignete Ackerkrume enthält; für die Phosphorsäure ist diese Annahme sicher.

Wir verstehen ohne Schwierigkeit die gute Wirkung, welche die Düngung eines erschöpften Gerstenfeldes zur Folge hat; alle Bedingungen ihres Gedeihens entnahm die Gerstenpflanze der Ackerkrume, welche, durch den Dünger ersetzt, den Boden wieder tragbar für Gerste machte.

Aber nach unserer Bekanntschaft der Eigenthümlichkeiten der Ackererde hält eine Schicht von 6 bis 10 Zoll Tiefe das Ammoniak, Kali und die Phosphorsäure auch der stärksten Düngung, welche der Landwirth zu geben gewohnt ist, so fest zurück, dass ohne zufällige günstige Verhältnisse kaum ein Theil davon in den Untergrund gelangen kann.

Wenn durch die Bestellung des Feldes mit Gewächsen, welche ein tieferes Pflügen erfordern, namentlich mit Hack- und anderen Früchten,

von der reichen Ackerkrume eine gehörige Menge dem erschöpften Untergrunde beigemischt worden ist, so begreift man, dass dieser allmählich wieder fruchtbar für Erbsen werden kann; die Zeit, in welcher dies geschieht, hängt natürlich von der zufälligen Wahl der auf dem Felde einander folgenden Pflanzen ab.

Von diesem Gesichtspunkte aus liegt es in der Hand des Landwirths, durch die richtige Behandlung seines Feldes die Zeit zu verkürzen, in welcher Erbsen wieder darauf aufeinander folgen können.

Thatsache ist, dass es sehr viele Felder giebt, welche in der Umgebung der Städte Jahr für Jahr oder von zwei zu zwei Jahren Erbsen in üppiger Fülle tragen, ohne je „erbsenmüde“ zu werden, und wir wissen, dass der Gärtner dazu keine besonderen Künste anwendet, als dass er seinen Boden tief und sehr sorgfältig bearbeitet und sehr viel mehr düngt, als der Landwirth es vermag.

Besonders räthselhaft ist hiernach das häufige Feblschlagen der Erbsen nicht, und es besteht kein Grund, die Hoffnung aufzugeben, dass es dem Landwirth gelingen wird, so oft Erbsen zu bauen als ihm dienlich ist, wenn er die rechten Mittel und Wege einschlägt, um sein Feld an den rechten Orten mit den der Erbsenpflanze nöthigen Nahrungsmitteln zu bereichern.

Bei allen Aufgaben dieser Art beruht der Erfolg immer darauf, dass derjenige, der ihnen seine Kräfte widmet, nicht glaubt, dass ihre Lösung leicht sei, sondern er muss sich vorstellen, dass sie mit grossen Schwierigkeiten verbunden sei; denn beständen diese nicht, so würden sie von der Experimentirkunst längst gelöst sein.

Die vielen vergeblichen Versuche von Lawes und Gilbert, um ein kleemüdes Feld wieder fruchtbar für Klee zu machen, sind in dieser Beziehung von Werth; sie zeigen, dass das blosses Versuchmachen zu nichts führt, und wie der Landwirth bei Lösung seiner Aufgaben nicht verfahren dürfe, wenn er einen möglichen Erfolg erzielen will. — Die Schlüsse, welche die Herren Lawes und Gilbert aus ihren zahlreichen Versuchen gezogen haben, sind folgende:

Sie haben gefunden, dass wenn ein Land noch nicht kleemüde ist, die Ernte häufig durch Düngungen mit Kalisalzen und Kalksuperphosphat erhöht wird; ist das Land hingegen kleemüde, so kann man auf keinen der gewöhnlichen Düngstoffe, weder „künstlicher“ oder „natürlicher“, sich zur Erzielung einer sichern Ernte verlassen; das einzige Mittel ist, dass man einige Jahre wartet, ehe man den rothen Klee auf dem Felde wiederkehren lässt.

Es ist kaum nöthig, darauf aufmerksam zu machen, dass was Lawes und Gilbert hier Schlüsse nennen, nichts weniger als Schlüsse sind; was sie gefunden haben, haben tausend Landwirthe vor ihnen erfahren, und der einzige Schluss, der ihnen erlaubt war, hätte der sein sollen, dass sie in ihren Bemühungen, durch gewisse Düngmittel ein kleemüdes Feld wieder tragbar für Klee zu machen, gescheitert sind. In Wahr-

heit haben sie nicht entfernt danach gestrebt, uns über die Ursachen der Kleemüde eines Feldes Unterricht zu verschaffen, sondern sie haben einfach verschiedene Düngerarten probirt, in der Hoffnung, einen aufzufinden, durch welchen die ursprüngliche Ertragsfähigkeit des Feldes hätte wieder hergestellt werden können, und diesen haben sie nicht gefunden.

Lawes und Gilbert nehmen an, dass die Kleepflanze sich gegen ein Feld gerade so verhalte, wie eine Gersten- oder Weizenpflanze, und da sie auf einem Felde, auf welchem, obwohl aufs Reichlichste gedüngt, der Klee missrathen war, im darauf folgenden Jahre eine reiche Gersten- oder Weizenernte erzielt hatten, so setzte sich in ihnen die Vorstellung fest, dass das Missrathen des Klees auf einer Krankheitsursache beruhe, die sich durch die Kleeultur im Boden entwickele und auf die Kleepflanze, aber nicht auf die Wurzeln der Weizen- und Gerstenpflanze sich übertrage.

Der Klee ist eben darin durchaus verschieden von den beiden Halmgewächsen, dass er seine Hauptwurzeln, wenn keine Hindernisse entgegenstehen, senkrecht abwärts sendet; in einer Tiefe, welche die Mehrzahl der feinen Haarwurzeln der Gersten- und Weizenpflanze nicht mehr erreicht, verästelt sich die Hauptwurzel (wie dies besonders bei *Trifolium pratense* wahrnehmbar ist) zu seitwärts laufenden Kriechtrieben, welche abwärts neue Wurzeln treiben.

Der Klee empfängt mithin wie die Erbsenpflanze seine Hauptnahrung immer aus den Erdschichten unterhalb der Ackerkrume, und der Unterschied zwischen beiden besteht hauptsächlich darin, dass er vermöge seiner grösseren und ausgedehnteren Wurzeloberfläche auf Feldern noch Nahrung in Menge vorfindet, wo Erbsen nicht mehr gedeihen; die natürliche Folge davon ist, dass der Klee verhältnissmässig den Untergrund weit ärmer zurücklässt, als die Erbse.

Der Kleesamen, der seiner Kleinheit wegen aus seiner eigenen Masse nur wenig Bildungstoffe der jungen Pflanze liefern kann, bedarf zu seiner Entwicklung eines reichen Obergrundes; aber haben die Wurzeln der Pflanze diesen durchbrochen, so überziehen sich ihre oberen Theile bald mit einer Korksicht, und nur die im Untergrunde sich verzweigenden feinen Wurzelfasern führen der Kleepflanze Nahrung zu.

Die vorhergehenden Betrachtungen stehen im Einklange mit Versuchen, die im Münchener botanischen Garten angestellt wurden (Zöller). In gepulvertem Torfe von circa 1 m Tiefe, der nur 75 mm hoch mit Nährstoffen gesättigt war, wuchsen Erbsen und Rothklee vortrefflich. Aber schon beim zweiten und noch mehr beim dritten Kleeschnitte wurde eine bedeutende Ertragsminderung und im zweiten Jahre ein Verkümmern und Verschwinden der Pflanzen beobachtet; nur in dem Torfboden, welcher 1 m tief mit Nährstoffen gesättigt war, wurde auch im zweiten Jahre eine reiche Kleeernte erzielt. Sättigte man den Torf in einer Schicht von 75 mm Höhe unten statt oben mit Nährstoffen, so blieben die Kleepflänzchen im ersten Jahre sehr klein und bedurften einer vollen Vege-

tationsperiode bis ihre Wurzeln die gesättigte Schicht erreichten; diesem Verhalten entsprechend wurde auch zuerst im zweiten Jahre der Ertrag erhalten. — Was man übrigens schon wusste, ist aufs Neue durch die Versuche bewiesen. Die Pflanzen können schon im Anfange ihrer Entwicklung ein bedeutendes Superfluum von Nahrung aufnehmen, welches erst im späteren Wachsthum zur vollen Verwendung gelangt. Man begreift daher wie unter Umständen eine wenige Zoll hohe, aber an Nährstoffen reiche Ackerkrume während eines Jahres eine reichliche Kleeernte liefert; sobald jedoch diese Bodenschicht von den Wurzeln durchwachsen ist, nützt ihr Nährstoffgehalt den Pflanzen wenig; nur im Falle die Klee- wurzeln in tieferen Schichten noch Nährstoffe finden, ist ihr Wachsthum für das nächstfolgende Jahr gesichert. Eine oberflächliche, auch noch so reiche Düngung wird für ein Kleefeld höchstens dann von Nutzen sein, wenn die Nährstoffe in die Tiefe dringen.

Betrachtet man nun die Versuche, welche Lawes und Gilbert anstellten, um ein kleemüdes Feld wieder ertragsfähig für Klee zu machen, so sieht man sogleich, dass alle angewendeten Mittel vollkommen geeignet waren, die obersten Schichten ihres Feldes mit Nährstoffen für die Weizen- und Gerstenpflanze zu bereichern, dass aber die Kleepflanze nur in der ersten Zeit ihrer Entwicklung Nutzen von der Düngung zog, während die tieferen Schichten unverändert in ihrer Beschaffenheit blieben, sie verhielten sich genau so, wie wenn das Feld überhaupt keine Nährstoffe empfangen hätte.

Die von Lawes und Gilbert angewendeten Düngmittel waren Kalksuperphosphat (300 Pfund Knochenerde mit 225 Pfund Schwefelsäure pro Acre), schwefelsaures Kali (500 Pfund), schwefelsaures Kali und Superphosphat, gemischte Alkalisalze (500 Pfund schwefelsaures Kali, 225 Pfund schwefelsaures Natron, 100 Pfund schwefelsaure Bittererde), gemischte Alkalien mit Superphosphat, ferner Ammoniaksalze allein und Ammoniaksalze mit Superphosphat oder gemischten Alkalien, Stalldünger (300 Centner), begleitet von Kalk oder von Kalk und Superphosphat, oder von Kalk und Alkalien in den mannigfachsten Verhältnissen, sodann Russ, Russ mit Kalk, Russ mit Kalk und Alkalien und Superphosphat. Keins von diesen Düngmitteln hatte den allergeringsten Erfolg, das kleemüde Feld wurde dadurch nicht wieder tragbar für Klee.

Der Grund, warum diese Düngungen keine Wirkung hatten, ist nicht schwer aufzufinden. Lawes und Gilbert lassen uns zwar in ihrer Abhandlung völlig im Dunkeln über die Natur und Beschaffenheit des Bodens, auf welchem sie ihre Versuche angestellt haben; aber aus zufälligen Aeusserungen in früheren Abhandlungen wissen wir, dass die Felder zu Rothamsted aus einem ziemlich schweren Lehm Boden bestehen, welcher besonders für Kornfrüchte, namentlich Gerste, geeignet ist.

Nach den Versuchen über das Absorptionsvermögen des Lehm Bodens kann man, ohne zu fürchten einen Irrthum zu begehen, annehmen, dass

ein Cubikdecimeter Lehm Boden 2000 mg Kali und 1000 mg phosphorsauren Kalk absorbiert.

Die Oberfläche eines Acre Lehm Boden (= 405 000 qdm) absorbiert mithin auf 1 dm = 4 Zoll Tiefe, 805 Kg Kali = 1610 Pfund und 405 Kg phosphorsauren Kalk oder 810 Pfund.

Die stärkste Düngung mit schwefelsaurem Kali, welche Lawes und Gilbert ihrem Felde gaben, betrug 500 Pfund = 270 Pfund Kali, die stärkste mit Superphosphat = 300 Pfund phosphorsauren Kalk.

Wenn Lawes und Gilbert das schwefelsaure Kali und das Kalkphosphat in vollkommener Lösung auf das Feld gebracht hätten, so würde die ganze Quantität des Kalis, welches sie dem Felde gaben, nicht tiefer als 2 cm, d. h. noch nicht einen Zoll, der phosphorsaure Kalk nicht tiefer als 4 cm (etwas mehr als 1,6 Zoll tief) eingedrungen sein; beide Düngmittel wurden aber aufgestreut und untergepflügt, aber man kann nicht annehmen, dass die Schichten unterhalb 8 Zoll eine bemerkliche Menge Kali oder phosphorsauren Kalk empfangen hätten.

Lawes und Gilbert sagen Seite 186 ihrer Abhandlung: Diejenigen, welche der Verbreitung der Kleekrankheit ihre Aufmerksamkeit auf einem sogenannten kleemüden Felde widmeten, werden beobachtet haben, dass, wie üppig auch der Klee im Herbst und Winter stand, die Zeichen des Fehlschlagens im März oder April sichtbar werden, und dieselbe Erscheinung wiederholte sich in allen ihren Versuchen; auf einem Felde, auf welchem der Klee fehlgeschlagen war, wurde Gerste gebaut und nachdem diese eine reiche Ernte geliefert hatte, wieder Klee darauf gesät.

„Die Pflanzen (so berichten Lawes und Gilbert) standen ziemlich gut während des Winters, mit dem fortschreitenden Frühling starben sie aber rasch ab.“ Ueber den Grund des Absterbens kann man keinen Augenblick im Zweifel sein; der erschöpfte Untergrund hatte von den verlorenen Bedingungen der Fruchtbarkeit nichts wieder empfangen und die Pflanzen verhungerten, sobald sie die Ackerkrume durchsetzt hatten und ihre Wurzeln in den Untergrund sich zu verbreiten begannen.

Wenn das Missrathen des Klees von einer Krankheit herrührte, so war sie offenbar von der seltsamsten Art, denn die reichlich gedüngte Ackerkrume zeigte keine Spuren davon, nur der Untergrund war kleemüde. Die Frage, ob es überhaupt eine Krankheit giebt, welche durch die Cultur des Klees erzeugt wird, haben Lawes und Gilbert, ohne es gewahr zu werden, auf das Gründlichste widerlegt. Sie sagen Seite 193: „Ehe wir die wahrscheinliche Ursache des Fehlschlagens des Klees näher besprechen, dürfte es gut sein, die Resultate einiger im Küchengarten zu Rothamsted angestellten Versuche zu beschreiben. Der Boden desselben war in gewöhnlicher Gartencultur gehalten und vielleicht schon zwei bis drei Jahrhunderte lang. Früh im Jahre 1854 wurde $\frac{1}{500}$ eines Acre mit Rothklee bestellt, und von dieser Zeit an bis zum Jahre 1859 wurden 14 Schnitte Kleeheu gewonnen, ohne neue Besamung; im Jahre 1856

wurde das Stück in drei Theile getheilt, ein Theil davon gegypst, ein anderer mit Alkalien und Phosphaten gedüngt.“

„Der ganze Ertrag des auf diesem Gartenboden in sechs Jahren geernteten grünen Klees betrug pro Acre berechnet 126 Tonnen (252 Centner) oder gleich $26\frac{1}{2}$ Tonnen Kleeheu (53 Centner). Der Mehrertrag durch das Gypsen betrug in vier Jahren $15\frac{1}{2}$ Tonnen, durch die angewendeten Kalisalze und Phosphate $28\frac{3}{4}$ Tonnen grünen Klee.“

„Es ist bemerkenswerth,“ fahren sie fort, „dass in den nämlichen Jahren, in welchen diese hohen Kleeernten gewonnen worden waren, wir ein paar hundert Ellen davon nicht im Stande waren, eine mässige Kleeernte auf unserem Ackerfelde zu gewinnen.“

In der That ist dies höchst bemerkenswerth; auf dem Ackerfelde wurde durch die Vegetation der Kleepflanze die Erde vergiftet, so dass sie keinen Klee mehr trug, aber in eben der Zeit unter gleichen Witterungsverhältnissen erzeugte die nämliche Kleepflanze in dem reichen Gartenboden kein Gift.

Von einer vergleichenden Untersuchung des Garten- und Ackerbodens ist natürlich keine Rede gewesen, da es Lawes und Gilbert, wie bereits bemerkt, nicht um einen Grund, sondern um einen Dünger zu thun war. Obwohl sie aber nicht das allergeringste Thatsächliche aufgefunden haben, was als Anhaltspunkt zu einer Erklärung dieses befremdenden Verhaltens der Kleepflanze auf den beiden Feldern hätte dienen können, so hält sie dies nicht ab, die Landwirthe mit folgender Erklärung zu beschenken.

„Unter den Pflanzen — so erläutern sie — gebe es gewisse Gattungen, die sich in Beziehung auf die Natur der Nahrung auf eine besondere Art verhalten; die einen, wozu die Getreidearten gehörten, lebten vorzugsweise von unorganischen Stoffen, aber die anderen hätten, um üppig zu gedeihen, die Zufuhr von complexen organischen Verbindungen nöthig; zu diesen letzteren, so schiene es ihnen, müssten die Leguminosen, z. B. der Klee, gerechnet werden.“

Auf die Thatsache sich stützend, dass sie keine Erklärung gefunden haben, und dass sie dieselbe denn doch hätten finden müssen, wenn sie zu finden gewesen wäre, muthen sie uns zu, dass wir glauben sollen, unter den höheren Pflanzen gebe es gewisse Gattungen, die sich zu den anderen verhielten wie etwa die fleischfressenden zu den grasfressenden Thieren; ähnlich wie die letzteren complexere organische Verbindungen geniessen, welche die pflanzenfressenden in ihrem Leibe zubereiten, so sei es auch mit der Kleepflanze, sie repräsentirte gewissermaassen gleich den Pilzen unter den Pflanzen die Carnivoren.

Es ist wohl nicht der Mühe werth, von dieser Erklärung irgend Notiz zu nehmen, aber nützlich dürfte es doch sein, die Frage zu berühren, ob denn Lawes und Gilbert auch ohne Berücksichtigung des Absorptionsvermögens der Erde die Mittel erschöpft haben, die überhaupt in Anwendung hätten kommen können, um das kleemüde Feld wieder

tragbar für Klee zu machen, um zu dem Ausspruch berechtigt zu sein, dass, wenn ein Land kleemüde ist, man sich auf keins der gewöhnlichen weder natürlichen noch künstlichen Düngmittel verlassen dürfe, um eine Ernte zu sichern?

Man kann hier fragen, warum Lawes und Gilbert anstatt des Kalksuperphosphates nicht Knochenmehl versuchten, dessen Wirkung weit tiefer reicht als die des Kalksuperphosphates, und warum nur schwefelsaures Kali und schwefelsaure Salze in Anwendung kamen? Es ist nicht unmöglich, dass gewöhnliche Holzasche wirksamer gewesen wäre als wie schwefelsaures Kali, und vor Allem hätte Chlorkalium versucht werden müssen, welches als Bestandtheil der Mistjauche vor allen anderen Kalisalzen dem Klee nützlich ist und verhältnissmässig tief in die Erde dringt. Man versteht ferner nicht, warum die flüssige Düngung nicht versucht worden ist und warum das Kochsalz unter den angewendeten Düngmitteln ausgeschlossen wurde. Zieht man in Betracht, was die Herren Lawes und Gilbert zur Lösung ihrer Aufgabe nicht gethan haben, und was sie hätten thun sollen, so gelangt man wohl zu dem Schlusse, dass sie von der Natur derselben selbst keine klare Vorstellung besaßen.

Der Mangel an Einsicht in das Wesen einer Erscheinung, welche untersucht werden soll, ist aber von allen Schwierigkeiten, die der Erreichung eines praktischen Resultates entgegenstehen, die allergrösste. Wenn die Unfruchtbarkeit eines Feldes für Klee und Erbsen auf einem Mangel an Stickstoffnahrung in den tieferen Schichten des Bodens beruht und auf keinem anderen Grunde, so ist es wegen dem Absorptionsvermögen der Bodensorten für Ammoniak ganz ausserordentlich schwierig, den Untergrund mit diesem Nährstoffe zu bereichern und den Mangel desselben zu beseitigen. Ganz anders verhält es sich mit den salpetersauren Salzen, die in jede Tiefe dringen, da die Salpetersäure von der Erde nicht absorbirbar ist, und es giebt möglicherweise der Chilisalpeter ein Mittel ab, um in solchen Fällen, wo es an Stickstoffnahrung fehlt, das Feld wieder tragbar für Klee oder Erbsen zu machen.

Da die Düngung mit gebranntem Kalk dem Gedeihen des Klees und auch der Erbsen häufig nützlich ist und ein kalkhaltiger Boden ganz besonders die Salpetersäurebildung befördert, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass gerade für tiefwurzelnende Gewächse die Kalkdüngung durch diese Eigenschaft das Wachsthum befördert, insofern dieselbe das Eindringen von Stickstoffnahrung in die Tiefe, und zwar in Folge der Verwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure bedingt¹⁾.

¹⁾ Die ersten Beobachtungen über das Absorptionsvermögen der Ackererde für die Nährstoffe der Pflanzen, in ihrer Art ganz gleichwerthig denen von Thompson und Huxtable, gehören dem berühmten Pomologen Joh. P. Bronner an (s. d. Weinbau in Süddeutschland. Heidelberg. Winter. 1836. S. 44). Bronner tritt schon damals als Gegner der Humustheorie auf, und seine Bemerkungen über den Ursprung des Kohlenstoffs und über Mineraldünger sind sehr merkwürdig.

Der Stallmist.

Um zu einer richtigen Ansicht über die Bewirthschaftung eines Feldgutes mit Stalldünger zu gelangen, ist es nothwendig, sich daran zu erinnern, dass die Fruchtbarkeit des Bodens in einer ganz bestimmten Beziehung zu seinem Gehalte an den Nährstoffen der Pflanzen im Zustande der physikalischen Bindung, und die Dauer der Fruchtbarkeit eines Feldes oder seine Ertragsfähigkeit im Verhältniss zu der Quantität oder der Summe der im Boden vorhandenen in eben diesem Zustande übergangsfähigen Bedingungen seiner Fruchtbarkeit steht.

Die Höhe des Ertrages eines Feldes in einer gegebenen Zeit steht im Verhältnisse zu den Theilen der Summe, welche von dem Boden aus, während dieser Zeit, in die auf dem Boden gewachsenen Pflanzen übergegangen sind. Wenn von zwei Feldern das eine den doppelten Ertrag an Weizenkorn und Stroh liefert als das andere, so setzt dies nothwendig voraus, dass die Weizenpflanzen auf dem einen Felde doppelt soviel Nährstoffe aus dem Boden empfangen haben, als auf dem anderen.

Wenn man eine und dieselbe Pflanze oder verschiedene Pflanzen auf einem Felde auf einander folgen lässt, so nehmen die Ernten nach und nach ab, und der Boden wird im landwirthschaftlichen Sinne als „erschöpft“ bezeichnet, wenn die Erträge des Feldes aufhören lohnend zu sein, d. h. die Arbeit, die Capitalrenten etc. nicht mehr decken. Wenn die hohen Erträge bedingt waren durch eine gewisse Anzahl von Theilen der Summe der Nährstoffe, welche der Boden an die Pflanze abgegeben hat, so beruht die Erschöpfung des Feldes darauf, dass sich die Summe der Nährstoffe vermindert hat. Dieselbe Anzahl von Pflanzen kann auf demselben Felde nicht in gleicher Weise wie früher gedeihen, wenn sie die nämliche Menge von Nährstoffen nicht mehr vorfindet, welche die vorangegangene Frucht vorgefunden hat. Der chemische Begriff der Erschöpfung eines Culturfeldes ist von dem landwirthschaftlichen darin verschieden, dass sich ersterer auf den Gehalt oder auf die Summe, der letztere auf die Anzahl der Theile der Summe der Nährstoffe bezieht, die der Boden abzugeben vermag. Im chemischen Sinne erschöpft heisst ein Feld, welches überhaupt keine Ernten mehr liefert.

Von zwei Feldern, von denen das eine hundertmal, das andere nur dreissigmal soviel Nährstoffe auf die nämliche Tiefe enthält, als eine volle Weizenernte bedarf, bietet das erstere bei gleicher Beschaffenheit und Mischung den Wurzeln der Pflanze in dem Verhältniss von 10 : 3 mehr Nährstoffe als das andere dar; wenn die Wurzeln einer Pflanze von gewissen Stellen des einen Feldes 10 Gewichtstheile Nährstoffe empfangen,

so finden die Wurzeln derselben Pflanze auf dem anderen nur drei Gewichtstheile zur Aufnahme vor.

Eine mittlere Ernte von 2000 Kg Weizen, Korn und 5000 Kg Stroh empfängt von einer Hectare Feld durchschnittlich 250 Kg Aschenbestandtheile; wenn wir uns nun denken, dass ein solches Feld hundertmal soviel von diesen Aschenbestandtheilen, also 25 000 Kg im vollkommen aufnahmefähigen Zustande zur Erzeugung einer Mittelernte enthalten müsse, so giebt dieses Feld an die erste Ernte 1 Procent von diesem Vorrath ab.

Der Boden bleibt in den darauf folgenden Jahren immer noch fruchtbar für neue Weizenernten, aber die Erträge nehmen ab.

Wenn der Boden auf das Sorgfältigste gemischt worden ist, so findet die im nächsten Jahre auf demselben Felde wachsende Weizenpflanze an jeder Stelle ein Procent weniger Nahrung vor und der Ertrag an Korn und Stroh muss in eben diesem Verhältniss kleiner sein. Bei gleichen klimatischen Bedingungen, Temperatur und Regenmenge wird man im zweiten Jahre nur 1980 Kg Korn und 4950 Kg Stroh ernten, und in jedem folgenden Jahre müssen die Ernten fallen nach einem bestimmten Gesetz.

Wenn die Weizenernte im ersten Jahre 250 Kg Aschenbestandtheile entzog, und der Boden im ganzen pro Hectare auf 12 Zoll Tiefe hundertmal soviel enthielt (25 000 Kg), so bleiben am Ende des dreissigsten Culturjahres 18 492 Kg Nahrungsstoffe im Boden zurück.

Welches auch die durch klimatische Verhältnisse bedingten Abweichungen in den Ernteerträgen der dazwischenliegenden Jahre gewesen sein mögen, so sieht man ein, dass auf diesem Felde, in dem 31. Jahre, wenn kein Ersatz stattgefunden hat, im günstigsten Falle nur $\frac{185}{250} = 0,74$, oder etwas weniger als $\frac{3}{4}$ einer mittleren Ernte erzielt werden kann.

Wenn diese drei Viertel der mittleren Ernte dem Landwirth keinen hinlänglichen Ueberschuss in seiner Einnahme mehr verschaffen, wenn sie einfach seine Ausgaben decken, so heisst der Ertrag kein lohnender Ertrag. Von dem Felde sagt er alsdann, es sei erschöpft für die Weizenkultur, obwohl es noch vierundsiebenzigmal mehr an Nahrungsstoffen enthält, als eine mittlere Ernte jährlich bedarf; die ganze Summe hatte bewirkt, dass im ersten Jahre jede Wurzel in den Theilen des Bodens, mit denen sie in Berührung kam, die erforderliche Menge von Bodenbestandtheilen zu ihrer vollen Entwicklung vorfand, und die auf einander folgenden Ernten haben bewirkt, dass sich im 31. Jahre nur $\frac{3}{4}$ dieser Quantität in diesen Theilen davon vorfindet.

Eine mittlere Roggenernte (= 1600 Kg Korn und 3800 Kg Stroh) entzieht dem Boden pro Hectare nur 180 Kg Aschenbestandtheile.

Wenn der Weizenboden, um eine mittlere Weizenernte zu liefern, 25 000 Kg von den Aschenbestandtheilen der Weizenpflanzen enthalten müsste, so ist ein Boden, welcher nur 18 000 Kg derselben Bestandtheile

enthält, reich genug für eine mittlere und eine Reihe von lohnenden Roggenernten.

Unserer Rechnung nach enthält ein für die Weizencultur erschöpftes Feld immer noch 18 492 Kg Bodenbestandtheile, die ihrer Beschaffenheit nach identisch mit denen sind, welche die Roggenpflanze nöthig hat.

Fragt man nun, nach wie viel Jahren fortgesetzten Roggenbaues die mittlere Ernte auf eine Dreiviertelernste herabsinken wird, so ergibt sich, wenn diese keine lohnende Ernte mehr ist, dass das Feld 28 lohnende Roggenernten liefern, und nach 28 Jahren für den Roggenbau erschöpft sein wird. Der im Boden bleibende Rest von Nahrungsstoffen beträgt immer noch 13 869 Kg an Aschenbestandtheilen.

Ein Feld, welches keine lohnende Roggenernte mehr liefert, ist deshalb nicht unfruchtbar für die Haferpflanze.

Eine mittlere Haferernte (2000 Kg Korn und 3000 Kg Stroh) entzieht dem Boden 310 Kg Aschenbestandtheile, 60 Kg mehr als eine Weizenernte, und 130 Kg mehr als eine Roggenernte. Wenn die aufangende Wurzeloberfläche der Haferpflanze die nämliche wäre wie die der Roggenpflanze, so würde der Hafer nach Roggen keine lohnende Ernte mehr liefern können; denn ein Boden, der bei 13 869 Kg Vorrath 310 Kg für die Haferernte abgibt, verliert hiermit 2,23 Procent seines Gehaltes an Aschenbestandtheilen, während ihm, wie angenommen, die Wurzeln des Roggens nur 1 Procent entziehen, verliert er durch die Cultur der Haferpflanze 2,23 Procent. Dies kann nur geschehen, wenn die Wurzeloberfläche des Hafers die des Roggens um das 2,23fache übertrifft.

Die Haferernten werden hiernach den Boden am raschesten erschöpfen, schon nach $12\frac{3}{4}$ Jahren wird die Ernte auf $\frac{3}{4}$ ihres anfänglichen Betrages herabsinken müssen.

Keine von allen den Ursachen, welche die Erträge zu vermindern oder zu erhöhen vermögen, hat auf dieses Gesetz der Erschöpfung des Bodens durch die Cultur einen Einfluss. Wenn die Summe der Nahrungsstoffe um eine gewisse Anzahl von Theilen vermindert worden ist, so hört der Boden auf, in landwirthschaftlichem Sinne fruchtbar für ein Culturgewächs zu sein.

Für eine jede Culturpflanze besteht ein solches Gesetz. Dieser Zustand der Erschöpfung tritt unabwendbar ein, auch wenn in einer Reihenfolge von Culturen dem Boden nur ein einziger von allen den verschiedenen für die Ernährung der Gewächse nothwendigen mineralischen Nahrungsstoffen entzogen worden ist, denn der eine, welcher fehlt oder mangelt, macht die anderen wirkungslos, oder nimmt ihnen ihre Wirksamkeit.

Mit einer jeden Frucht, mit einer jeden Pflanze oder einem Theil einer Pflanze, die man von dem Felde hinwegnimmt, verliert der Boden einen Theil von den Bedingungen seiner Fruchtbarkeit, d. h. er verliert das Vermögen, diese Frucht, Pflanze oder Theil einer Pflanze nach Ablauf einer Reihe von Culturjahren wieder zu erzeugen. Tausend Körner be-

dürfen tausendmal so viel Phosphorsäure vom Boden wie ein Korn, und tausend Halme tausendmal so viel Kieselsäure wie ein Halm, und wenn es an dem tausendsten Theil von Phosphorsäure oder Kieselsäure im Boden fehlt, so bildet sich das tausendste Korn, der tausendste Halm nicht aus. Ein einzelner von dem Getreidefelde hinweggenommener Getreidehalm macht, dass dies Feld einen gleichen Getreidehalm nicht mehr trägt.

Es folgt hieraus von selbst, dass ein Hectar Feld, welcher 25,000 Kilogramm von den Aschenbestandtheilen des Weizens gleichförmig verbreitet und in einem für die Pflanzenwurzeln vollkommen aufnehmbaren Zustande enthält, dass dieser Hectar Feld, wenn die gleichförmige Mischung durch sorgfältiges Pflügen und allen hierzu dienlichen Mitteln erhalten worden wäre, ohne irgend einen Ersatz an den im Stroh und Korn hinweggenommenen Bodenbestandtheilen zu empfangen, bis zu einer bestimmten Grenze eine Reihe von lohnenden Ernten verschiedener Halmgewächse liefern kann, deren Aufeinanderfolge dadurch bedingt ist, dass die zweite Pflanze weniger vom Boden nimmt als die erste, oder dass die zweite eine grössere Anzahl von Wurzeln oder im Allgemeinen eine grössere aufsaugende Wurzeloberfläche besitzt. Von dem mittleren Ernte-Ertrag im nächsten Jahre an würden die Ernten von Jahr zu Jahr abgenommen haben.

Für den Landwirth, für welchen gleichförmige Mittelrerträge Ausnahmen sind und ein durch Witterungsverhältnisse bedingter Wechsel die Regel ist, würde diese stetige Abnahme kaum wahrnehmbar gewesen sein, selbst dann nicht, wenn in der Wirklichkeit sein Feld eine so günstige chemische und physikalische Beschaffenheit gehabt hätte, dass er siebenzig Jahre nach einander Weizen, Roggen und Hafer darauf hätte bauen können ohne allen Ersatz der entzogenen Bodenbestandtheile. Gute, dem Mittelrertrag sich nähernde Ernten in günstigen Jahren würden mit schlechten Erträgen gewechselt haben, aber immer würde das Verhältniss der ungünstigen zu den günstigen Ernte-Erträgen zugenommen haben.

Die grosse Mehrzahl der europäischen Culturfelder besitzt die physikalische Beschaffenheit, die in dem eben betrachteten Falle für das Feld angenommen worden ist, nicht.

In den meisten Feldern ist nicht alle den Pflanzen nöthige Phosphorsäure in wirksamem, den Pflanzenwurzeln zugänglichem Zustande verbreitet; ein Theil derselben ist in der Form von kleinen Körnchen Apatit (phosphorsaurem Kalk) lediglich darin vertheilt, und wenn auch der Boden im Ganzen mehr als ein genügendes Verhältniss enthält, so ist doch in den einzelnen Theilchen des Bodens in manchen weit mehr, in anderen zu wenig für das Bedürfniss der Pflanze vorhanden.

Wenn wir uns nun denken, dass unser Feld 25 000 Kilogramme von den Aschenbestandtheilen des Weizens vollkommen gleichmässig vertheilt, und fünf- oder zehn- oder mehrere Tausend Pfund der nämlichen Nahrungsstoffe die Phosphorsäure desselben als Apatit, die Kieselsäure und das Kali als aufschliessbares Silicat, ungleichförmig vertheilt enthalten hätte; wenn ferner von diesem letzteren auf die eben auseinandergesetzte Weise

von zwei zu zwei Jahren eine gewisse Menge löslich und verbreitbar geworden wäre, in einem solchen Verhältniss, dass die Pflanzenwurzeln in allen Theilen der Ackerkrume von diesen Nahrungsstoffen ebensoviel als im vorhergegangenen Culturjahre angetroffen hätten, genügend also zu einer vollen Mittelernte: so würden wir eine Reihe von Jahren hindurch volle Mittelernten erzielt haben, wenn wir zwischen jedes Culturjahr ein Brachjahr eingeschaltet hätten. Anstatt dreissig stets abnehmender Ernten würden wir in diesem Falle in 60 Jahren dreissig volle Mittelernten erhalten haben, wenn der vorhandene Ueberschuss im Boden bis dahin ausgereicht hätte, die jährlich in den Ernten hinweggenommene Menge Phosphorsäure, Kieselsäure und Kali in allen den Theilen zu ersetzen, denen sie entzogen wurden. Mit der Erschöpfung dieses Ueberschusses würden für dieses Feld die abnehmenden Erträge beginnen, und aufs Neue weiter eingeschobene Brachjahre würden alsdann auf die Erhöhung dieser Erträge nicht den mindesten Einfluss ausgeübt haben.

Wäre der in dem eben betrachteten Falle angenommene Ueberschuss von Phosphorsäure, Kieselsäure und Kali nicht ungleichförmig, sondern gleichförmig verbreitet, und für die Pflanzenwurzeln überall vollkommen zugänglich gewesen, so würde man 30 volle Ernten in 30 Jahren nach einander ohne Einschlebung eines Brachjahres auf diesem Felde erzielt haben.

Kehren wir zu unserem Felde zurück, von welchem wir angenommen haben, dass es 25 000 Kilogramme Aschenbestandtheile des Weizens in der vollkommensten Weise vertheilt und in aufnehmbarem Zustande enthielte, und jedes Jahr mit Weizen bestellt werde, und denken wir uns den Fall, dass wir in jeder Ernte nur die Aehre von dem Halme abgeschnitten und das ganze Stroh auf dem Felde gelassen, und sogleich wieder untergepflügt hätten, so ist der Verlust, den das Feld in diesem Jahre erleidet, kleiner als zuvor, denn alle Bestandtheile des Halmes und der Blätter sind dem Felde verblieben; wir haben nur die Bodenbestandtheile des Korns dem Felde genommen.

Unter den Bestandtheilen, welche der Halm und die Blätter vom Boden empfangen haben, befinden sich alle Bodenbestandtheile der Samen, nur in einem anderen Verhältniss. Wenn die in dem Stroh und Korn zusammen ausgeführte Menge Phosphorsäure durch die Zahl 3 bezeichnet wird, so ist der Verlust, wenn das Stroh dem Felde verbleibt, nur 2. Die Abnahme der Erträge des Feldes in einem folgenden Jahre steht immer im Verhältniss zu dem Verluste, den es durch die vorhergehende Ernte an Bodenbestandtheilen erlitten hat. Die nächstfolgende Ernte an Korn wird etwas grösser sein, als sie ausfallen würde, wenn man das Stroh dem Felde nicht gelassen hätte; der Ertrag an Stroh wird nahe derselbe wie im vorhergehenden Jahre bleiben, denn die Bedingungen zur Stroherzeugung sind sehr wenig verändert worden.

Indem man in dieser Weise dem Boden weniger nimmt als zuvor, so wächst somit die Anzahl der lohnenden Ernten oder die Summe des

in der ganzen Reihe der Kornernten erzeugten Korns. Ein Theil der Strohbestandtheile geht über in Kornbestandtheile, und wird jetzt in dieser Form dem Felde genommen. Die Periode der Erschöpfung tritt immer, aber unter diesen Umständen später ein. Die Bedingungen zur Kornbildung nehmen stetig ab, denn die dem Korn entzogenen Stoffe wurden nicht ersetzt.

Wenn man das Stroh abgeschnitten auf Schubkarren um das Feld herumgefahren, oder wenn man es als Stren in Viehställen benutzt und dann erst untergepflügt hätte, so wäre dieses Verhältniss ganz das nämliche geblieben. Was man in dieser Weise dem Felde wieder zuführte, war dem Felde genommen und bereicherte das Feld nicht.

Wenn man sich denkt, dass die verbrennlichen Bestandtheile des Strohs nicht vom Boden geliefert werden, so war das Zurücklassen des Strohs auf dem Felde eigentlich nur ein Zurücklassen der Aschenbestandtheile des Strohs. Das Feld blieb um etwas fruchtbarer als zuvor, weil man demselben weniger genommen hatte.

Hätte man auch das Korn oder die Aschenbestandtheile des Korns mit dem Stroh wieder untergepflügt, oder hätte man anstatt des Weizenkorns eine entsprechende Menge eines anderen Samens, Repskuchenmehl, d. h. von fettem Oele befreiten Repssamen, welcher die nämlichen Aschenbestandtheile enthält, im richtigen Verhältnisse dem Felde wiedergegeben, so blieb seine Zusammensetzung wie zuvor; im nächsten Jahre würde man denselben Ernteertrag wie im vorhergegangenen zu erwarten haben. Wenn nach jeder Ernte in dieser Weise das Stroh immer wieder dem Felde zurückgegeben wird, so ist eine weitere Folge eine Ungleichheit in der Zusammensetzung der wirksamen Bestandtheile der Ackerkrume.

Wir haben angenommen, dass unser Boden die Aschenbestandtheile der ganzen Weizenpflanze im richtigen Verhältniss zur Bildung der Halme, der Blätter und des Korns enthalten habe; indem wir die zur Bildung des Strohs nöthigen Mineralsubstanzen dem Felde liessen, während die des Korns fortwährend hinweggenommen wurden, so häuften sich die ersteren im Verhältniss zu dem Rest der Bodenbestandtheile des Korns, die das Feld noch enthielt, an. Das Feld behielt seine Fruchtbarkeit für das Stroh, die Bedingungen für die Körnerbildung nahmen ab.

Die Folge dieser Ungleichheit ist eine ungleichförmige Entwicklung der ganzen Pflanze. So lange der Boden alle zur gleichmässigen Entwicklung aller Theile der Pflanze nöthigen Aschenbestandtheile im richtigen Verhältniss enthielt und abgab, blieb die Qualität des Samens und das Verhältniss zwischen Stroh und Korn in den abnehmenden Ernteerträgen gleichmässig und unverändert. In dem Maasse aber, in welchem die Bedingungen zur Blatt- und Halmbildung günstiger wurden, nahm mit den Samenerträgen zunächst auch die Qualität des Samens ab. Das Merkmal dieser Ungleichförmigkeit in der Zusammensetzung des Bodens als Folge der Culturen ist, dass das Gewicht der geernteten Scheffel Korn sich vermindert. Während im Anfang zur Bildung des Korns eine

gewisse Menge von den Bestandtheilen des wieder zugeführten Strohs (Phosphorsäure, Kali, Bittererde) verbraucht wurde, tritt später das umgekehrte Verhältniss ein, es werden von den Kornbestandtheilen (Phosphorsäure, Kali, Bittererde) zur Strohbildung in Anspruch genommen. Der Zustand eines Feldes ist denkbar, wo wegen der vorhandenen Ungleichförmigkeit in dem Verhältniss der Bedingungen zur Stroh- und Kornbildung, wenn Temperatur und Feuchtigkeit die Blattbildung begünstigen, ein Halmgewächs einen enormen Strohertrag mit leeren Aehren liefert.

Der Landwirth kann bei seinen Pflanzen auf die Richtung der vegetativen Thätigkeit nur durch den Boden einwirken, d. h. durch das Verhältniss der Nahrungsstoffe, die er demselben giebt; zum höchsten Korn-ertrag gehört, dass der Boden ein überwiegendes Verhältniss an den zur Samenbildung nöthigen Nahrungsstoffen enthält. Für die Blattgewächse, Rüben- und Knollengewächse ist dieses Verhältniss umgekehrt.

Es ist hiernach klar, wenn wir auf unserem Felde, welches 25 000 Kilogramme von den Bodenbestandtheilen der Weizenernte enthält, Kartoffeln und Klee bauen, und den ganzen Ertrag an Kartoffelknollen und Klee dem Felde nehmen, dass wir dem Boden in diesen beiden Feldfrüchten ebensoviel Phosphorsäure und dreimal so viel Kali entziehen wie durch drei Weizenernten. Es ist sicher, dass diese Beraubung des Bodens an diesen nothwendigen Bodenbestandtheilen durch eine andere Pflanze auf seine Fruchtbarkeit für Weizen von grossem Einfluss ist; die Höhe und Dauern der Weizenerträge nimmt ab.

Wenn wir hingegen in zwei Jahren das Feld einmal mit Weizen und dann mit Kartoffeln bestellt, und die ganze Kartoffelernte auf dem Felde gelassen, und Knollen, Kraut und Weizenstroh untergepflügt hätten, und so fort abwechselnd 60 Jahre lang, so würde dies den Ertrag an Korn, welchen es zu liefern fähig war, nicht im mindesten geändert oder vergrössert haben; das Feld hat durch den Anbau der Kartoffeln nichts gewonnen, und da man alles dem Felde liess, nichts verloren; wenn durch die Kornernten, die man dem Felde nahm, der Vorrath von Bodenbestandtheilen auf $\frac{3}{4}$ der ursprünglich darin vorhandenen Menge herabgebracht worden ist, liefert dies Feld keine lohnende Ernte mehr, wenn $\frac{3}{4}$ einer Mittelernte dem Landwirthe keinen Gewinn mehr lassen. Ganz dasselbe tritt ein, wenn wir anstatt Kartoffeln Klee eingeschoben, und diesen Klee jedesmal wieder untergepflügt hätten. Der Boden besass, so haben wir angenommen, die günstigste physikalische Beschaffenheit, und konnte demzufolge durch Einverleibung der organischen Substanzen des Klees und der Kartoffeln nicht verbessert werden. Auch wenn wir die Kartoffeln aus dem Felde herausgenommen, den Klee abgemäht und getrocknet, die Knollen und das Kleeheu auf einen Karren geladen und um das Feld herum oder durch den Viehstall gefahren, und dann erst wieder dem Felde zugeführt und untergepflügt, oder auch zu anderen Zwecken verbraucht, und die ganze Summe der in beiden Ernten vorhandenen Bodenbestandtheile dem Felde wiedergegeben hätten, so würde durch alle diese

Operationen das Feld in 30, 60 oder 70 Jahren kein einziges Korn mehr geliefert haben, als ohne diesen Wechsel. Auf dem Felde haben sich in dieser ganzen Zeit die Bedingungen zur Kornbildung nicht vermehrt, die Ursache der Abnahme der Erträge ist die nämliche geblieben.

Das Unterpflügen der Kartoffeln und des Klees konnte nur auf diejenigen Felder eine nützliche Wirkung haben, welche nicht die günstigste physikalische Beschaffenheit hatten, oder in welchen die vorhandenen Bodenbestandtheile ungleich vertheilt und zum Theil für die Pflanzenwurzeln unzugänglich waren; aber diese Wirkung ist der der Gründung oder eines oder mehrerer Brachjahre ganz gleich.

Durch die Einverleibung des Klees und der organischen Bestandtheile in den Boden nahm sein Gehalt an verwesenden Stoffen und Stickstoff von Jahr zu Jahr zu. Alles was diese Gewächse aus der Atmosphäre empfangen, blieb im Boden, aber die Bereicherung an diesen sonst so nützlichen Stoffen kann nicht bewirken, dass er im Ganzen mehr Korn erzeugt als zuvor, denn die Kornerzeugung hängt von dem Verhältniss der im Felde vorhandenen Menge von Aschenbestandtheilen ab, und diese sind nicht vermehrt worden, sie haben in Folge der Kornausfuhr stetig abgenommen. Durch die Zunahme von Stickstoff und verwesenden organischen Materien im Felde konnten die Erträge möglicherweise eine Reihe von Jahren hindurch gesteigert werden, allein der Zeitpunkt, wo dieses Feld keine lohnenden Ernten mehr liefert, tritt in diesem Falle um so früher ein.

Wenn wir von drei Weizenfeldern das eine mit Weizen, die beiden anderen mit Kartoffeln und Klee bestellen und allen geernteten Klee, alle Kartoffelknollen auf dem Weizenfelde anhäufen und unterpflügen, dem wir nur das Korn genommen, so ist dieses Weizenfeld jetzt fruchtbarer als zuvor, denn es ist um die ganze Summe von Bodenbestandtheilen reicher geworden, welche die beiden anderen Felder an die Kartoffel- und die Kleepflanze abgegeben hatten; an Phosphorsäure empfing es dreimal, an Kali zwanzigmal mehr, als das geerntete und ausgeführte Korn enthielt.

Dieses Weizenfeld wird in drei auf einander folgenden Jahren jetzt drei volle Kornernten liefern können, denn die Bedingungen zur Strohbildung sind ungeändert geblieben, während die der Kornerzeugung um das Dreifache vermehrt wurden. Wenn der Landwirth in dieser Weise in drei Jahren ebensoviel Korn erzeugt, als er ohne die Hinzuziehung und Mitwirkung der Bodenbestandtheile des Klees und der Kartoffeln auf denselben Feldern in fünf Jahren erzeugt haben würde, so ist offenbar sein Gewinn jetzt grösser geworden, denn mit drei Saatkörnern hat er ebensoviel geerntet, als in dem anderen Falle mit fünf; aber was das Weizenfeld an Fruchtbarkeit gewonnen, haben die beiden anderen Felder verloren, und das Endresultat ist, dass er mit Ersparung an Culturkosten und mit mehr Gewinn als vorher, seine drei Felder der Periode der Er-

erschöpfung entgegengeführt hat, der sie unabwendbar durch die bleibende Ausfuhr der Bodenbestandtheile im Korn verfallen müssen.

Der letzte Fall, den wir zu betrachten haben, ist, wenn der Landwirth anstatt Kartoffeln und Klee, Rüben und Luzerne baut, welche vermöge ihrer langen, tiefgehenden Wurzeln eine grosse Menge von Bodenbestandtheilen aus dem Untergrunde holen, den die grosse Mehrzahl der Wurzeln der Getreidepflanzen nicht erreicht. Wenn die Felder einen solchen Untergrund besitzen, welcher die Cultur dieser Gewächse gestattet, so stellt sich das Verhältniss etwa so, wie wenn sich die culturfähige Oberfläche verdoppelt hätte. Empfangen die Wurzeln dieser Pflanzen die eine Hälfte ihrer mineralischen Nahrungsmittel vom Untergrunde und die andere von der Ackerkrume, so wird die letztere durch die Ernte nur halb so viel verlieren, als sie durch eben diese Pflanzen verloren haben würde, wenn sie alle von der Ackerkrume genommen worden wären.

Als ein von der Ackerkrume getrenntes Feld gedacht, giebt hiernach der Untergrund an die Rüben- und Luzernepflanzen eine gewisse Quantität von Bodenbestandtheilen ab, und wenn die ganze Rüben- und Luzerneernte im Herbst auf dem Weizenfelde untergepflügt worden wäre, welches eine mittlere Ernte Weizenkorn geliefert hat, und dieses ebensoviel oder mehr empfängt, als es in dem Korn verloren hat, so kann dieses Weizenfeld in dieser Weise auf Kosten des Untergrundes eben so lange auf einem gleichbleibenden Zustande der Fruchtbarkeit erhalten werden, als derselbe fruchtbar für Rüben und Luzerne bleibt.

Da aber die Rüben und Luzerne zu ihrer Entwicklung eine sehr grosse Menge Bodenbestandtheile bedürfen, so ist der Untergrund um so früher erschöpft, je weniger er davon enthält, und da er in Wirklichkeit von der Ackerkrume nicht getrennt ist, sondern unterhalb derselben liegt, so kann er von allen den Bestandtheilen, die er verloren hat, kaum etwas zurückempfangen, weil die Ackerkrume den ihr davon zugeführten Theil zurückhält; nur dasjenige Kali, Ammoniak, die Phosphorsäure, Kieselsäure, welche die Ackerkrume nicht festhält und bindet, können in den Untergrund gelangen.

Durch die Cultur dieser tiefwurzelnenden Gewächse kann mithin ein Ueberschuss von Nahrungsstoffen für alle Gewächse gewonnen werden, die ihre Nahrung vorzugsweise aus der Ackerkrume schöpfen; aber dieser Zufluss hat keine Dauer; in einer verhältnissmässig kurzen Zeit gedeihen die Gewächse auf vielen Feldern nicht mehr, weil der Untergrund erschöpft und seine Fruchtbarkeit nur schwierig wiederherstellbar ist.

Wenn ein Landwirth auf drei Feldern Kartoffeln, Korn und Wicken oder Klee abwechselnd baut, oder ein Feld mit Kartoffeln, Korn und Wicken nach einander bestellt, und die geernteten Feldfrüchte — das Korn, die Kartoffelknollen und die Wicken — verkauft und so fortfährt viele Jahre lang, ohne zu düngen, so sagt uns Jeder das Ende dieser Wirthschaft voraus; er sagt uns, dass ein Betrieb dieser Art auf die Dauer unmöglich sei; welche Culturpflanzen man auch wählen möge, welche Varietät von

einem Halmgewächs, Knollen- oder anderem Gewächs, und in welcher Reihenfolge — das Feld wird zuletzt in einen Zustand versetzt, in welchem man von dem Halmgewächs nur das Saatkorn, von den Kartoffeln keine Knollen mehr erntet, und wo die Wicke oder der Klee nach der ersten Entwicklung wieder zu Grunde gehen.

Aus diesen Thatsachen folgt unwidersprechlich, dass es kein Gewächs giebt, das den Boden schont, und keines, das ihn bereichert. Der praktische Landwirth ist durch unzählige Thatsachen belehrt, dass in vielen Fällen von einer Vorfrucht das Gedeihen einer Nachfrucht abhängig ist, und dass es nicht gleichgültig ist, in welcher Ordnung er seine Pflanzen baut; durch die vorangehende Cultur einer Hackfrucht oder eines Gewächses mit starker Wurzelverzweigung wird der Boden für eine nachfolgende Halmfrucht geeigneter gemacht. Das Halmgewächs gedeiht besser, und zwar ohne Anwendung (mit Schonung) von Mist und giebt einen reicheren Ertrag. Für zukünftige Ernten ist aber an Mist weder geschont, noch ist das Feld an den Bedingungen seiner Fruchtbarkeit reicher geworden. Nicht die Summe der Nahrung wurde vermehrt, sondern die wirkenden Theile dieser Summe wurden vermehrt und ihre Wirkung in der Zeit beschleunigt.

Der physikalische und chemische Zustand des Feldes wurde verbessert, der chemische Bestand nahm ab; alle Gewächse ohne Ausnahme erschöpfen den Boden, jedes in seiner Weise, an den Bedingungen ihrer Wiedererzeugung.

In seinen Feldfrüchten verkauft der Landwirth sein Feld; er verkauft in ihnen gewisse Bestandtheile der Atmosphäre, welche seinem Boden von selbst zufließen, und gewisse Bestandtheile des Bodens, welche sein Eigenthum sind und die dazu gedient haben, aus den atmosphärischen Bestandtheilen den Pflanzenleib zu bilden, von dem sie selbst Bestandtheile ausmachen; indem er diese Feldfrüchte veräußert, raubt er dem Felde die Bedingungen ihrer Wiedererzeugung; eine solche Wirthschaft trägt mit Recht den Namen einer Raubwirthschaft.

Die Bodenbestandtheile sind sein Capital, die atmosphärischen Nahrungsstoffe die Zinsen seines Capitals: mit den einen erzeugt er die anderen. In den Feldfrüchten veräußert er einen Theil seines Capitals und die Zinsen, in den Bodenbestandtheilen kehrt sein Capital auf das Feld, d. h. in seine Hand zurück.

Der einfachste Verstand sieht ein, und alle Landwirthe stimmen darin überein, dass man in einer Wirthschaft den Klee, die Rüben, das Heu etc. nicht veräußern könne ohne den entschiedensten Nachtheil für die Korn-cultur.

Ein jeder giebt bereitwillig zu, dass die Kleeausfuhr die Korn-cultur beeinträchtigt, dass aber die Kornausfuhr die Kleecultur beeinträchtigt, dies ist ein für viele Landwirthe ganz unfassbarer, ja unmöglicher Gedanke.

Die gegenseitigen naturgesetzlichen Beziehungen beider sind aber sonnenklar. Die Aschenbestandtheile des Klees und des Kornes sind die

Bedingungen zur Klee- und Kornerzeugung, und den Elementen nach identisch.

Der Klee braucht zu seiner Erzeugung eine gewisse Quantität Phosphorsäure, Kali, Kalk, Bittererde wie das Korn; die in dem Klee enthaltenen Bodenbestandtheile sind gleich denen des Korns plus einem gewissen Ueberschuss an Kali, Kalk und Schwefelsäure. Der Klee empfängt diese Bestandtheile vom Boden, das Halmgewächs empfängt sie — man kann es sich so denken — vom Klee. Wenn man demnach den Klee veräussert, so führt man aus die Bedingungen zur Kornerzeugung, es bleibt im Boden weniger für das Korn zurück; veräussert man das Korn, so fällt in einem folgenden Jahre eine Kleeernte aus, denn in dem Korn veräussert man einige der unentbehrlichsten Bedingungen zu einer Kleeernte.

Der Bauer drückt diese Wirkung des Futtergewächses in seiner eigenen Weise aus, indem er sagt: es verstehe sich von selbst, dass man den Mist nicht verkaufen dürfe; ohne Mist sei eine dauernde Cultur nicht möglich und in den Futtergewächsen verkaufe man seinen Mist; dass er aber in seinem Korn seinen Mist dennoch verkauft, dies sieht selbst eine grosse Zahl der erleuchteten Landwirth nicht ein. Der Mist enthält alle Bodenbestandtheile des Futters, und diese bestehen aus den Bodenbestandtheilen des Korns plus einer gewissen Menge Kali, Kalk, Schwefelsäure. Es ist leicht verständlich, da der ganze Misthaufen aus Theilen besteht, dass er auch keinen Theil davon veräussern darf, und wenn es möglich wäre, die Bodenbestandtheile des Korns durch irgend ein Mittel von den anderen zu scheiden, so würden gerade diese für den Bauer den höchsten Werth haben, denn diese bedingen die Cultur des Korns. Diese Scheidung findet aber statt in der Cultur des Korns, denn diese Bodenbestandtheile des Mistes werden zu Bestandtheilen des Korns, und in dem Korn verkauft er einen Theil, und zwar den wirksamsten Theil seines Mistes.

Zwei Misthaufen von gleichem Ansehen und anscheinend gleicher Beschaffenheit können für die Korncultur einen sehr ungleichen Werth haben; wenn in dem einen Haufen sich doppelt so viel von Aschenbestandtheilen des Korns als in dem anderen befinden, so hat der erstere den doppelten Werth. Durch die Ausfuhr der Bodenbestandtheile des Korns, welche das Korn von dem Mist empfing, nimmt dessen Wirksamkeit für künftige Kornernten stetig ab.

Von welchem Gesichtspunkte man demnach die Ausfuhr des Korns oder irgend einer anderen Feldfrucht betrachten mag, für den Landwirth, der die ausgeführten Bodenbestandtheile nicht ersetzt, ist die Wirkung immer eine Erschöpfung des Bodens. Die dauernde Ausfuhr von Korn macht den Boden unfruchtbar für Klee oder raubt dem Mist seine Wirksamkeit.

In unseren erschöpften Feldern finden die Wurzeln der Halmgewächse in den oberen Schichten der Ackerkrume den ganzen Gehalt an Nahrung für einen vollen Ertrag nicht mehr vor, und der Landwirth baut deshalb auf diesen andere Pflanzen an, die wie die Futter- und Wurzelgewächse mit

ihren weitverzweigten tiefgehenden Wurzeln nach allen Richtungen hin den Boden durchwühlen, deren mächtige Wurzeloberflächen den Boden aufschliessen und die Bestandtheile sich aneignen, welche das Halmgewächs zur Samenbildung bedarf. In den Wurzelrückständen dieser Pflanzen, in den Bestandtheilen des Krauts, der Wurzeln und der Knollen, welche der Landwirth den obersten Schichten der Ackerkrume in der Form von Mist zuführt, hat er die zu einem oder mehreren vollen Erträgen mangelnden Kornbestandtheile ergänzt und concentrirt; was davon unten und überall war, ist jetzt oben. Der Klee und die Futtergewächse waren nicht die Erzeuger der Bedingungen der höheren Kornerträge, so wenig wie die Lumpensammler die Erzeuger der Bedingungen für die Papierfabrikation sind, sondern einfach die Sammler derselben.

Aus den vorhergehenden Auseinandersetzungen ergibt sich, dass die Cultur der Gewächse den fruchtbaren Boden erschöpft und unfruchtbar macht; in den Früchten seiner Felder, welche zur Ernährung der Menschen und Thiere dienen, führt der Landwirth einen Theil seines Bodens, und zwar die zu ihrer Erzeugung dienenden wirksamen Bestandtheile desselben aus; fortwährend nimmt die Fruchtbarkeit seiner Felder ab, ganz gleichgültig, welche Pflanzen er baut, und in welcher Ordnung er sie baut. Die Ausfuhr seiner Früchte ist nichts Anderes, als eine Beraubung seines Bodens an den Bedingungen ihrer Wiedererzeugung.

Ein Feld ist nicht erschöpft für Korn, für Klee, für Taback, für Rüben, so lange es noch lohnende Ernten ohne Wiederersatz der entzogenen Bodenbestandtheile liefert; es ist erschöpft von dem Zeitpunkte an, wo ihm die fehlenden Bedingungen seiner Fruchtbarkeit durch die Hand des Menschen wiedergegeben werden müssen. Die grosse Mehrzahl aller unserer Culturfelder ist in diesem Sinne erschöpft.

Das Leben der Menschen, Thiere und Pflanzen ist auf das Engste geknüpft an die Wiederkehr aller Bedingungen, welche den Lebensprocess vermitteln. Der Boden nimmt durch seine Bestandtheile Theil an dem Leben der Gewächse, eine dauernde Fruchtbarkeit ist undenkbar und unmöglich, wenn die Bedingungen nicht wiederkehren, die ihn fruchtbar gemacht haben.

Der mächtigste Strom, welcher Tausende von Mühlen und Maschinen in Bewegung setzt, versiegt, wenn die Flüsse und Bäche versiegen, die ihm das Wasser zuführen, und die Flüsse und Bäche versiegen, wenn die vielen kleinen Tropfen, woraus sie bestehen, in dem Regen an die Orte nicht wieder zurückkehren, von denen aus ihre Quellen entspringen.

Ein Feld, welches durch eine Aufeinanderfolge von Culturen verschiedener Gewächse seine Fruchtbarkeit verloren hat, empfängt das Vermögen, eine neue Reihe von Ernten derselben Gewächse zu liefern, durch Düngung mit Mist.

Was ist der Mist, und woher stammt der Mist? Aller Mist stammt von den Feldern des Landwirths; er besteht aus dem Stroh, welches als Streu gedient hat, aus Pflanzenresten und aus den flüssigen und festen

Excrementen der Thiere und Menschen. Die Excremente stammen von der Nahrung.

In dem Brote, welches der Mensch täglich genießt, verzehrt er die Aschenbestandtheile der Getreidesamen, deren Mehl zur Bereitung des Brotes gedient hat, in dem Fleische die Aschenbestandtheile des Fleisches.

Das Fleisch der pflanzenfressenden Thiere, sowie dessen Aschenbestandtheile stammen von den Pflanzen ab, sie sind identisch mit den Aschenbestandtheilen der Samen der Leguminosen, so dass ein ganzes Thier zu Asche verbrannt, eine Asche hinterlässt, die von der Asche von Bohnen, Linsen und Erbsen nicht sehr viel abweicht.

In dem Brote und Fleische verzehrt mithin der Mensch die Aschenbestandtheile von Samen, oder von Samenbestandtheilen, welche der Landwirth in Form von Fleisch seinen Feldern abgewinnt.

Von der grossen Menge aller Mineralsubstanzen, welche der Mensch während seines Lebens in seiner Nahrung aufnimmt, bleibt in seinem Körper nur ein sehr kleiner Bruchtheil zurück. Der Körper eines erwachsenen Menschen nimmt von Tage zu Tage an Gewicht nicht zu, woraus sich von selbst ergibt, dass alle Bestandtheile seiner Nahrung vollständig wieder aus seinem Körper ausgetreten sind.

Die chemische Analyse weist nach, dass die Aschenbestandtheile des Brotes und Fleisches in seinen Excrementen sehr nahe in eben der Menge wie in der Nahrung enthalten sind; die Nahrung verhielt sich in seinem Leibe, wie wenn sie in einem Ofen verbrannt worden wäre.

Der Harn enthält die im Wasser löslichen, die Fäces die unlöslichen Aschenbestandtheile der Nahrung; die stinkenden Bestandtheile sind der Rauch und Russ einer unvollkommenen Verbrennung; ausser diesen sind unverdaute oder unverdauliche Nahrungsreste beigemischt.

Die Excremente des mit Kartoffeln gefütterten Schweines enthalten die Aschenbestandtheile der Kartoffeln, die des Pferdes die Aschenbestandtheile des Heues und Hafers, die des Rindviehes die Asche der Rüben, des Klees etc., die zu ihrer Ernährung gedient haben. Der Stallmist besteht aus einem Gemenge aller dieser Excremente zusammen. (Vgl. „Dünger“.)

Durch den Stallmist kann die Fruchtbarkeit eines durch die Cultur erschöpften Feldes vollkommen wieder hergestellt werden; dies ist eine durch die Erfahrung von Jahrtausenden vollkommen festgestellte Thatsache.

In dem Stallmist empfängt das Feld eine gewisse Quantität von organischen, d. h. verbrennlichen Stoffen und Aschenbestandtheilen der verzehrten Nahrung. Es ist jetzt die Frage zu erörtern, welchen Antheil die verbrennlichen und unverbrennlichen Bestandtheile des Mistes an dieser Wiederherstellung der Fruchtbarkeit hatten.

Die oberflächlichste Betrachtung eines Culturfeldes giebt zu erkennen, dass alle verbrennlichen Bestandtheile der Gewächse, welche auf dem Felde geerntet werden, aus der Luft und nicht vom Boden stammen.

Wenn der Kohlenstoff nur eines Theils der geernteten Pflanzenmasse

von dem Boden geliefert würde, so ist es klar, dass wenn er eine gewisse Summe vor der Ernte davon enthält, diese Summe nach jeder Ernte kleiner werden müsste. Ein an organischen Stoffen armer Boden müsste minder fruchtbar sein als ein daran reicher.

Die Beobachtung zeigt, dass ein in Cultur gehaltener Boden in Folge der Culturen nicht ärmer an organischen oder verbrennlichen Stoffen wird. Der Boden einer Wiese, von welcher man per Hectare in 10 Jahren tausend Centner Heu gewonnen hat, ist nach diesen 10 Jahren an organischen Stoffen nicht ärmer, sondern reicher wie zuvor. Ein Klee-feld behält nach der Ernte in den Wurzeln, die dem Felde verbleiben, mehr organische Stoffe, mehr Stickstoff als es ursprünglich enthielt; nach einer Reihe von Jahren ist es aber unfruchtbar für den Klee geworden, es liefert keine lohnende Ernte mehr.

Ein Weizenfeld, ein Kartoffelfeld ist nach der Ernte nicht ärmer an organischen Stoffen als vorher. Im Allgemeinen bereichert die Cultur den Boden an verbrennlichen Bestandtheilen, aber seine Fruchtbarkeit nimmt dennoch stetig ab; nach einer Reihe von aufeinander folgenden lohnenden Ernten von Korn, Rüben und Klee gedeihen das Korn, die Rüben, der Klee auf demselben Felde nicht mehr.

Da nun das Vorhandensein von verwesbaren organischen Stoffen im Boden dessen Erschöpfung durch Culturen nicht im mindesten aufhält oder aufhebt, so kann durch eine Vermehrung dieser Stoffe die verlorene Ertragsfähigkeit unmöglich wieder hergestellt werden.

Der Stallmist stellt aber die Fähigkeit des Feldes, dieselben Reihen von Ernten zum zweiten, dritten und hundertsten Male zu liefern, auf das Vollständigste wieder her; der Stallmist hebt den Zustand der Erschöpfung des Feldes je nach seiner Quantität völlig auf, seine Zufuhr macht das Feld fruchtbarer, in vielen Fällen mehr als es gewesen ist.

Von den beigemengten verbrennlichen Stoffen kann die Wiederherstellung der Fruchtbarkeit durch den Stallmist nicht bedingt gewesen sein; seine Wirkung beruht in diesem Falle auf den unverbrennlichen Aschenbestandtheilen der Gewächse, die er enthält, und wird durch diese bedingt.

In dem Stallmist empfing das Feld in der That eine gewisse Menge von allen den Bodenbestandtheilen wieder, welche dem Felde in den darauf geernteten Früchten entzogen worden waren; die Abnahme der Fruchtbarkeit des Feldes stand im Verhältniss zu der Beraubung, die Wiederherstellung der Fruchtbarkeit sehen wir im Verhältniss stehen zu dem Ersatz an diesen Bodenbestandtheilen.

Die unverbrennlichen Elemente der Culturgewächse kehren nicht von selbst auf die Felder zurück, wie die verbrennlichen in das Luftmeer, aus dem sie stammen; durch die Hand des Menschen allein kehren die Bedingungen des Lebens der Gewächse auf die Felder zurück; in dem Stallmist, in dem sie enthalten sind, stellt der Landwirth naturgesetzlich die verlorene Ertragsfähigkeit wieder her.

Die Stallmistwirthschaft.

Die allgemeinen Auseinandersetzungen in dem vorhergehenden Abschnitte über das Verhalten des Bodens zu den Pflanzen und der Pflanzen zu dem Boden, sowie über den Ursprung und die Natur des Stallmistes werden, wie ich hoffe, den Leser in den Stand setzen, in eine genaue Untersuchung aller derjenigen Erscheinungen einzugehen, welche der praktische Betrieb in der Stallmistwirthschaft darbietet; es ist zu erörtern: in welcher Weise der Stallmist die Erträge eines Feldes steigert, auf welchen Bestandtheilen des Mistes seine Wirkung beruht, welche Quantität von Stallmist auf einem Felde gewonnen werden kann und in welchen Zustand das Feld nach einer Reihe von Jahren durch die Stallmistwirthschaft versetzt wird.

Von dieser Untersuchung sind selbstverständlich ausgeschlossen alle Wirkungen des Stallmistes, die sich durch Maass und Zahl nicht bestimmen lassen; dahin gehören sein Einfluss auf die Lockerheit oder den Zusammenhang des Bodens und seine erwärmende Wirkung durch die Wärmeentwicklung seiner im Boden verwesenden Bestandtheile.

Die Thatsachen, auf welche sich diese Untersuchung erstreckt, sind aus der Praxis selbst genommen und meine Wahl ist mir wesentlich erleichtert worden durch die umfassende Reihe von Versuchen, welche auf Veranlassung des Generalsecretärs der landwirthschaftlichen Vereine im Königreiche Sachsen, Dr. Reuning, im Jahre 1851 von einer Anzahl sächsischer Landwirthe in der Absicht angestellt wurden: „unter den verschiedensten Verhältnissen die Wirkung sogenannter künstlicher Düngmittel, zum Behufe ihrer weiteren Verbreitung festzustellen“; sie wurden bis zum Jahre 1854 fortgesetzt und jede Versuchsreihe umfasste einen Umlauf von Roggen, Kartoffeln, Hafer, Klee; die Landwirthe wurden er- sucht, Knochenmehl, Repskuchenmehl, Guano und Stallmist auf je einen sächsischen Acker vergleichend mit einer ungedüngten Fläche von derselben Grösse anzuwenden und die Erträge durch die Wage zu bestimmen.

Unter allen Versuchen ähnlicher Art, die seit Jahrhunderten angestellt worden sind, besitzen diese Versuche, von denen ausdrücklich gesagt ist, „dass sie ohne directen wissenschaftlichen Zweck“ unternommen worden sind, den höchsten wissenschaftlichen Werth nicht nur wegen ihres Umfanges, sondern weil durch sie eine Reihe von Thatsachen unzweifelhaft festgestellt sind, die als Grundlagen für wissenschaftliche Schlüsse für alle Zeiten ihre Geltung behalten, und es ist die Wissenschaft dem trefflichen Manne, der diese Versuche veranlasst hat, und den wackeren Männern, die sich dieser Aufgabe so bereitwillig unterzogen haben, den grössten Dank schuldig, und nur zu bedauern, dass nicht bei

en die vorgeschlagenen Versuche auf ungedüngten Feldern zur Aus-
 brung kamen.

Es liegt auf der Hand, dass sich die Wirkung, welche die Stallmist-
 ngung auf ein Feld hat, nur dann beurtheilen lässt, wenn man vorher
 iss, welche Erträge das Feld ohne alle Düngung liefert, und wir be-
 achten hier zuvörderst die Erträge, welche fünf Acker Feld an fünf
 rschiedenen Orten des Königreichs Sachsen in dem erwähnten Umlauf
 n vier Jahren hervorgebracht haben,

Ungedüngt:

| Vorfrucht | ? | Gemänge | Weissklee | Rothklee | Gras |
|-------------|------------------|-----------|-----------|---------------------|------------|
| | Cunners- dorf | Mäusegast | Kotitz | Ober- bobritzsch | Oberschöna |
| 1851 | | | | | |
| Roggen | | | | | |
| orn | 1176 Pfd. | 2238 Pfd. | 1264 Pfd. | 1453 Pfd. | 708 Pfd. |
| roh | 2951 " | 4582 " | 3013 " | 3015 " | 1524 " |
| 1852 | | | | | |
| Kartoffel | 16667 " | 16896 " | 18577 " | 9751 " | 11095 " |
| 1853 | | | | | |
| Hafer | | | | | |
| orn | 2019 " | 1289 " | 1339 " | 1528 " | 1082 " |
| roh | 2563 " | 1840 " | 1357 " | 1812 " | 1714 " |
| 1854 | | | | | |
| Kleeheu | 9144 " | 5583 " | 1095 " | 911 " | 0 |

An diese Resultate knüpfen sich folgende Betrachtungen:

Unter ungedüngten Feldern sind in den obigen Versuchen Felder
 dem Zustande verstanden, in welchen sie am Ende einer Rotation durch
 ne Reihe aufeinanderfolgender Ernten versetzt worden waren.

Am Anfange dieser Rotation waren diese Felder gedüngt worden
 id würden, aufs Neue gedüngt, ähnliche Erträge wie vorher wieder
 rrvorgebracht haben. An ihren Erträgen im gedüngten Zustande haben
 e Bestandtheile des Bodens und die des Düngers einen bestimmten An-
 eil gehabt; ungedüngt würde der Ertrag kleiner ausgefallen sein; wenn
 an nun den Mehrertrag im Verlaufe der Rotation dem zugeführten
 allmiste zuschreibt und annimmt, dass in den Ernten die Stallmist-
 standtheile wieder hinweggenommen worden seien, was nicht in allen
 llen richtig ist, so befindet sich das Feld am Ende der Rotation in

dem Zustande, den es am Anfang derselben, ehe es gedüngt worden ist, besass. Man kann hiernach ohne einen grossen Fehler zu begehen annehmen, dass die Erträge, die ein Stück Feld in einer neuen Rotation ohne Düngung, an verschiedenen Feldfrüchten liefert, im Verhältnisse stehen werden zu seinem Gehalte an assimilirbaren Nährstoffen in seinem natürlichen Zustande, und es lassen sich hiernach aus den ungleichen Erträgen, welche zwei Felder in einem solchen Zustande liefern, rückwärts mit annähernder Sicherheit gewisse Ungleichförmigkeiten in dem Gehalte oder der Beschaffenheit der Felder erschliessen.

Schlüsse dieser Art sind allerdings nur in sehr engen Grenzen zulässig, denn wenn man zwei Felder, die in derselben oder verschiedenen Gegend liegen, in dieser Weise miteinander vergleichen will, so wirken bei jedem verschiedene Factoren auf die Erträge ein, die sie ungleich machen, auch bei sonst identischer Bodenbeschaffenheit.

Wenn z. B. zwei Felder mit einer und derselben Halmpflanze in ungedüngten Zustande bestellt werden, so ist es für die Erträge an Korn und Stroh nicht gleichgültig, welche Frucht dem Halmgewächs vorangegangen ist; wenn die Vorfrucht (d. h. die letzte in der vorhergegangenen Rotation) bei dem einen Felde Klee, bei dem anderen Hafer war, so fallen die Erträge verschieden aus, auch wenn die Bodenbeschaffenheit ursprünglich identisch war, und sie sind alsdann nur als Merkzeichen des Zustandes anzusehen, in welchen das Feld durch die Vorfrucht versetzt worden ist.

Der nördliche oder südliche Hang in hügeligen Gegenden macht bei einer solchen Vergleichung zweier Felder einen Unterschied, ebenso die Höhe über dem Meere, von welcher die Regenmenge eines Ortes abhängt. Ein Regenfall; den zu einer günstigen Zeit ein Feld mehr als das andere empfängt, ändert ebenfalls bei gleicher Bodenbeschaffenheit den Erntertrag.

Man hat zuletzt bei Beurtheilung des Zustandes und der Beschaffenheit eines Feldes in der angedeuteten Weise die Witterung im Vorjahre zu berücksichtigen.

Der Ertrag, den ein Feld in einem Jahre liefert, ist immer der Maximalertrag, den es unter den gegebenen Verhältnissen liefern konnte; unter günstigeren äusseren, d. h. Witterungsverhältnissen, würde das Feld einen höheren, unter ungünstigeren einen geringeren Ertrag, immer entsprechend seiner Bodenbeschaffenheit geliefert haben.

Durch günstige Witterung bedingte höhere Ernten verliert das Feld verhältnissmässig mehr Nährstoffe und spätere Ernten fallen um etwas niedriger aus; sowie denn sogenannte unfruchtbare Jahre auf die darauffolgenden wie etwa Brachjahre in halber Düngung wirken, d. h. die späteren Ernten fallen auch unter gewöhnlichen Witterungsverhältnissen nach schlechten Jahren günstiger aus.

In Beziehung auf den Stroh- und Kornertrag hat man bei einem Halmgewächs in Betracht zu ziehen, dass dauernde Nässe und anhaltend

irre das relative Verhältniss beider ändert. Dauerde Nässe und eine hohe Temperatur begünstigen die Blatt-, Halm- und Wurzelbildung, und wenn die Pflanze nicht aufhört zu wachsen, werden die zur Samenbildung sonst verwendbaren und vorrätigen Stoffe zur Bildung neuer sprossen verbraucht und es vermindert sich die Samenernte.

Anhaltende Dürre vor oder während der Sprosszeit bringt die entgegengesetzte Erscheinung hervor; der in der Wurzel angesammelte Vortheil von Bildungsstoffen wird jetzt in weit grösserem Verhältnisse zur Stamenbildung verbraucht, das Verhältniss des Strohs zum Korn wird einer als es unter gewöhnlichen Witterungsverhältnissen sein würde.

Wenn alle diese Verhältnisse berücksichtigt werden, so bleiben bei der Betrachtung der Erträge der ungedüngten Felder in den sächsischen Gauen nur einige ganz allgemeine Gesichtspunkte übrig, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Ein Blick auf die Zahlentabelle lässt erkennen, dass ein jedes Feld in ihm eigenes Ertragsvermögen besitzt und dass keines gleichviel Roggenkorn und Stroh, oder ebensoviel Kartoffeln oder Haferkorn und Stroh, der Klee hervorgebracht hat als das andere.

Vergleicht man die unzähligen in den letzten Jahren angestellten Düngungsversuche, bei denen die Erträge, welche ungedüngte Stücke geliefert haben, gleichzeitig berücksichtigt wurden, so sieht man, dass diese Wahrheit eine ganz allgemeine und ausnahmslose ist; kein Feld ist in seinem Ertragsvermögen einem anderen gleich, ja es giebt nicht zwei Stellen in einem und demselben Felde, welche in dieser Beziehung inander identisch sind, man darf nur ein Rübenfeld betrachten, um sofort wahrzunehmen, dass eine jede Rübe verschieden in Grösse und Gewicht selbst von derjenigen ist, die in ihrer nächsten Nähe wächst. Diese Thatsache ist so allgemein bekannt und anerkannt, dass in allen Ländern, in welchen der Grund und Boden besteuert ist, die Höhe der Steuer nach der sogenannten Bonität, in manchen Ländern in acht, in anderen in zwölf oder sechzehn Abstufungen bemessen wird.

Da das Ertragsvermögen aller Felder ungleich ist und jedes Feld die Bedingungen der Erträge nothwendig enthalten muss, welche es an irgend einer Feldfrucht liefert, so sagt also diese Thatsache, dass die Bedingungen zur Erzeugung von Korn und Stroh, oder von Rüben und Kartoffeln, oder von Klee oder irgend einem anderen Gewächs in allen Feldern ungleich sind; in dem einen sind die Bedingungen für die Strohherzeugung vorherrschend über die der Kornerzeugung, ein anderes enthält mehr Bedingungen für das Wachsthum der Kleepflanzen etc.

Diese Bedingungen sind ihrer Natur nach in Quantität und Qualität verschieden. Unter Bedingungen, die wägbar und messbar sind, können natürlich hier nur Nährstoffe gemeint sein.

In Beziehung auf die Menge der Nährstoffe in einem Felde geben die Erträge eines Feldes keinen Aufschluss. Man kann also daraus, dass das Feld in Mäsegast doppelt so viel Korn und $\frac{1}{3}$ mehr Stroh lieferte,

als das in Cunnersdorf, nicht schliessen, dass es im Ganzen in eben den Verhältnisse reicher gewesen sei an den Bedingungen der Korn- und Stroherzeugung, denn das Cunnersdorfer Feld lieferte zwei Jahre nachher immer ohne Düngung die Hälfte mehr Haferkorn und Stroh als das Mäusegast und im vierten Jahre über 60 Procent mehr Klee. Der Klee hat aber einige der wichtigsten Nährstoffe des Kornes ebenso nothwendig wie das Korn und die Nährstoffe der Haferpflanze sind identisch mit denen des Roggens.

Der höhere Ertrag, den ein Feld an irgend einem Culturgewächse über ein anderes liefert, zeigt nur an, dass die Wurzeln desselben auf ihrem Wege abwärts an gewissen Orten in dem einen Boden mehr Theile von der Summe der Nährstoffe, die darin enthalten waren, im aufnahmefähigen Zustande angetroffen und aufgenommen haben als in dem anderen und nicht, dass die Summe im Ganzen grösser war als in dem anderen, denn dieses andere hätte möglicher Weise sehr viel mehr — der Summe nach — an Nährstoffen enthalten können, aber nicht in dem Zustande in welchem sie erreichbar oder aufnahmefähig für die Wurzeln der Pflanzen waren.

Hohe Erträge sind ganz sichere Merkzeichen des aufnahmefähigen Zustandes der Nährstoffe durch die Wurzeln und ihrer Zugänglichkeit im Boden, und nur an der Dauer der hohen Erträge lässt sich der Gehalt oder die Menge der Nährstoffe im Boden erkennen.

Die hohen Erträge, welche ein Feld vor einem anderen liefert, werden dadurch bedingt, dass die Theile der Nährstoffe in dem einen Felde näher bei einander liegen, als in dem anderen; sie sind abhängig von der Dichtigkeit der Nährstoffe. Was hierunter zu verstehen ist, dürfte vielleicht die folgende Tafel versinnlichen.

Fig. I. 1851. Winterroggen.

Cunnersdorf. Mäusegast. Kötitz. Oberbobritzsch. Oberschöna.

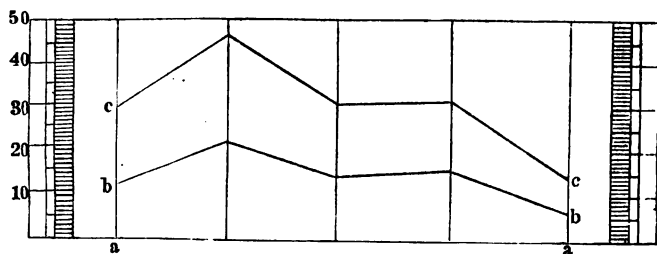


Fig. II. 1852. Kartoffeln.

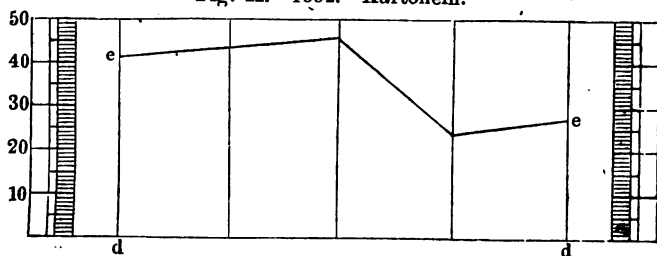


Fig. III. 1853. Hafer.

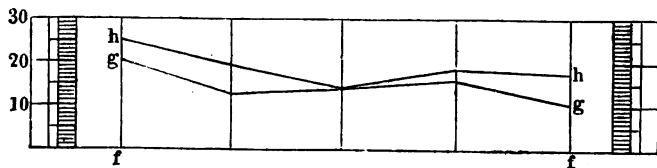
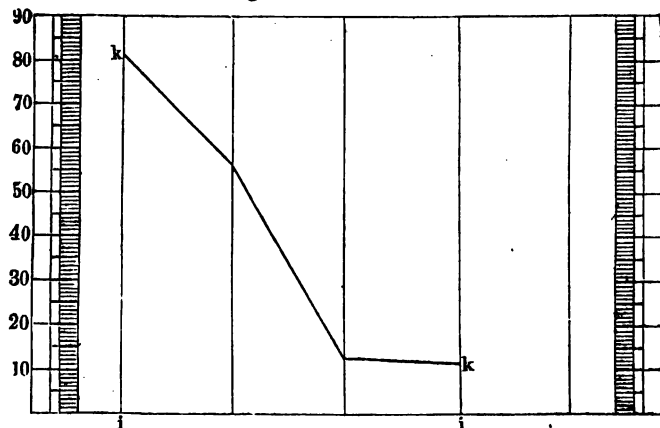


Fig. IV. 1854. Klee.



Cunnersdorf. Mäusegast. Kötitz. Oberbobritzsch. Oberschöna.

In der mit I. bezeichneten Figur stellen die senkrechten Linien *ab* den Korn-, *ac* den Strohertrag, in der Figur II. die Linien *de* den Kartoffelertrag, in III. die Linien *fg* den Haferkorn-, *fh* den Haferstrohertrag, in IV. die Linien *ik* den Kleeertrag auf den ungedüngten Stücken in den sächsischen Versuchen dar.

Wenn wir uns nun denken, dass die Wurzeln der Roggen- und der anderen Pflanzen auf den verschiedenen Feldern die nämliche Länge und Beschaffenheit hatten, so ist es sicher, dass die Wurzeln der Kornpflanzen auf dem Felde in Mäusegast auf ihrem Wege abwärts in der Erde sehr viel mehr Nährstoffe antrafen, als in Cunnersdorf; die Kornlinie in Mäusegast ist doppelt so hoch, die Strohlilie $\frac{1}{3}$ höher als die in Cunnersdorf.

Bei einer gleichen Anzahl von Pflanzen und gleicher Wurzellänge lagen gewisse Nährstoffe für das Korn in dem Boden zu Mäusegast doppelt so nahe bei einander als in Cunnersdorf. Die Linie, welche den Kleeertrag, Fig. IV., in Cunnersdorf ausdrückt, ist zehnmal so hoch als in Oberbobritzsch, dies will sagen, dass die Nährstoffe für den Klee in dem Felde zu Oberbobritzsch zehnmal so weit auseinander lagen als in Cunnersdorf.

Bei der Vergleichung der Erträge mehrerer Felder wird sich die Dichtigkeit der Nährstoffe im Boden umgekehrt verhalten, wie die Höhe der Linien, welche die Erträge auf der Figurentafel bezeichnen.

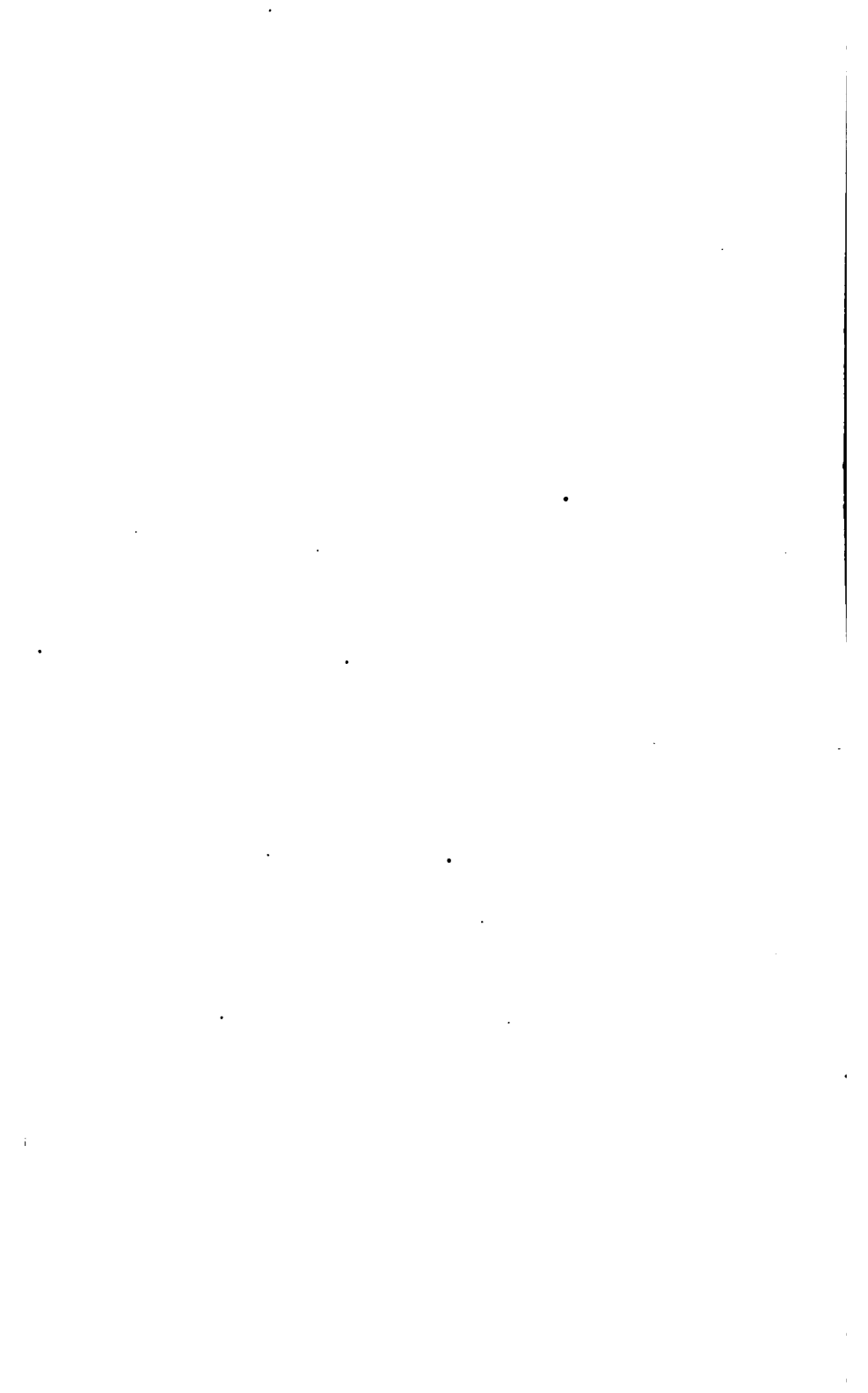
Je höher die Linien sind, desto näher, und je kürzer, desto weiter sind die Nährstoffe in verschiedenen Bodensorten auseinanderliegend.

Die Linien, welche den Kartoffelertrag in Kötz und Oberbobritzsch bezeichnen, verhalten sich z. B. wie 18 : 9, der Kartoffelertrag war in Kötz doppelt so hoch als in Oberbobritzsch, hieraus folgt, dass die Entfernung der Nährstoffe sich in beiden Feldern umgekehrt verhält, nämlich wie 9 : 18; in dem zu Kötz waren sie doppelt so nahe, wie in der anderen.

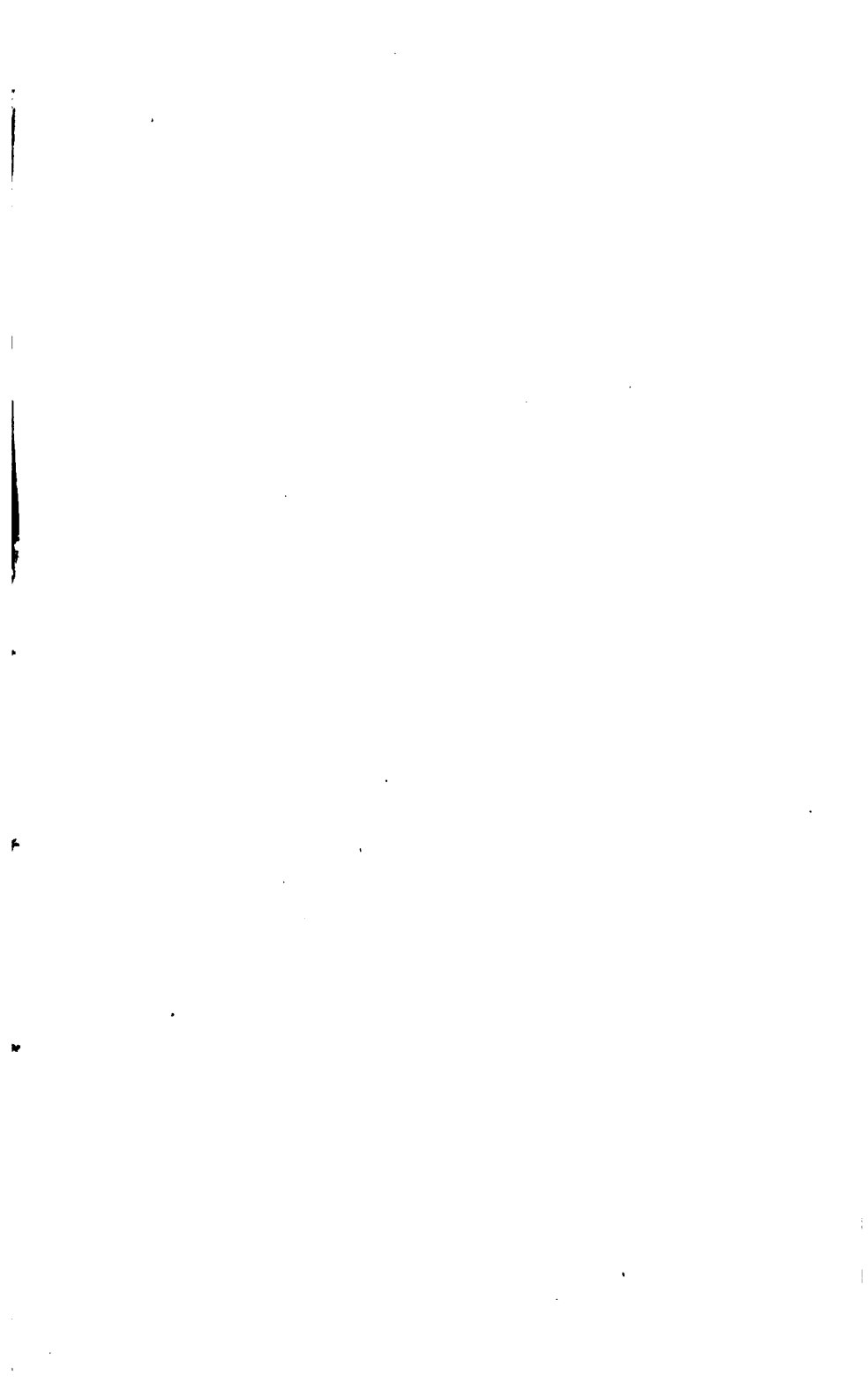
Diese Betrachtungsweise ist geeignet, in manchen Fällen für den Grund der Erschöpfung eines Feldes bestimmtere Ansichten zu gewinnen.

Durch die Korn- und Kartoffelernte wurde z. B. der Ackerkrume in Mäusegast Phosphorsäure und Stickstoff genommen und die darauf folgende Gerstenpflanze, die ebenfalls aus der Ackerkrume ihre Nahrung zieht, fand im dritten Jahre sehr viel weniger davon vor als die Roggenpflanze, die ihr auf dem Felde vorausging.

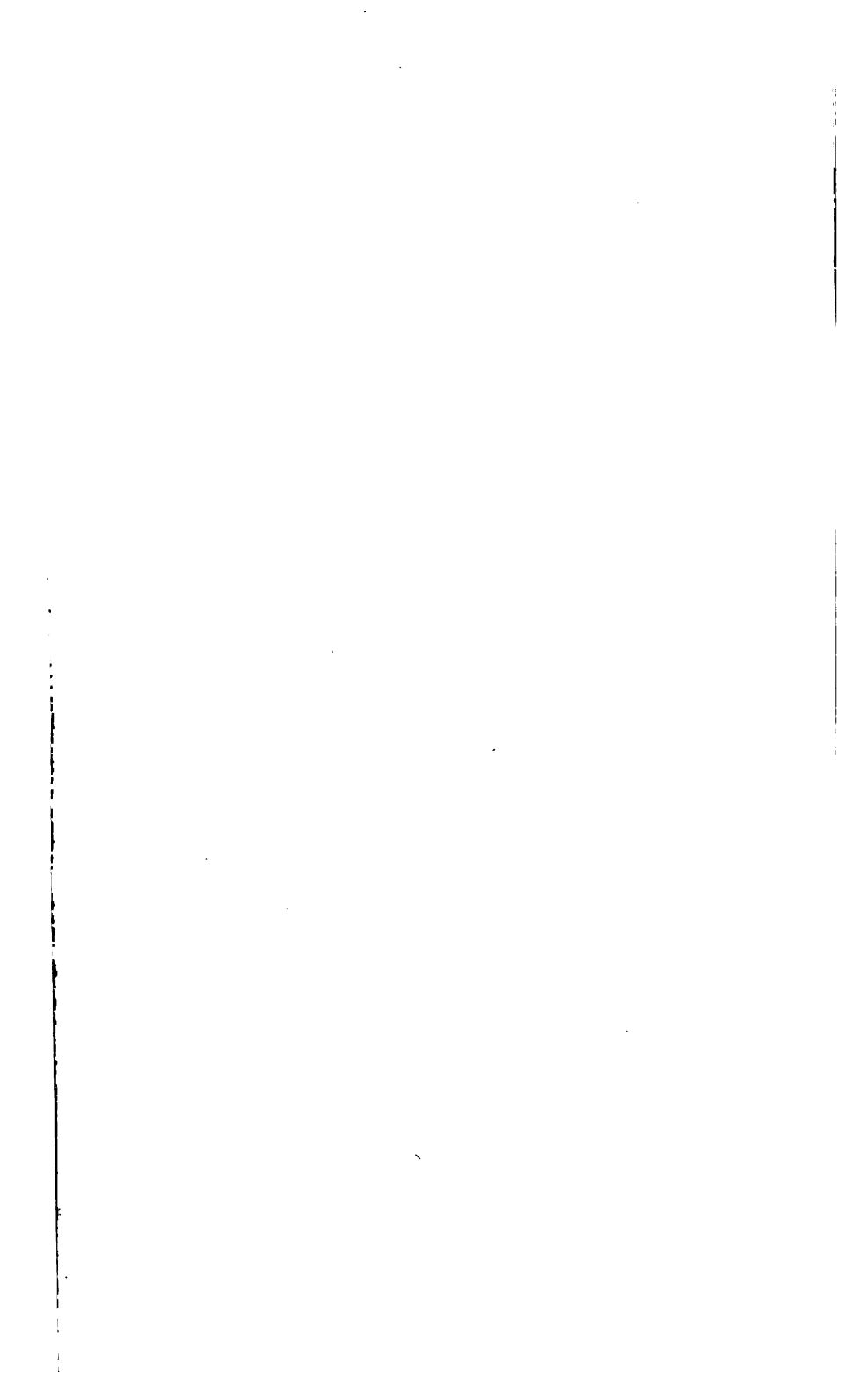
Die Höhe der Linien *ab* (Fig. I.) und *fg* (Fig. III.) umgekehrt genommen zeigen, um wieviel relativ die Entfernung der Theilchen der Nährstoffe für die Gerstenpflanze grösser geworden ist. Das Gerstenkorn bedarf zu seiner Bildung die nämlichen Nährstoffe wie das Roggenkorn und da der Ertrag an Roggenkorn sich zu dem an Gerstenkorn wie 22 : 12 verhielt, so heisst dies also umgekehrt genommen, dass die Entfernung der Nährstoffe für das Gerstenkorn von 12 auf 22 zugenommen hatte.











14 DAY USE

RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED

AGRICULTURE LIBRARY

40 Giannini Hall, Tel. 841-493
This book is due on the last date stamped below, or
on the date to which renewed.

Renewed books are subject to immediate recall.

~~FEB 19 1974~~

~~DEC 2 1974~~

LD21-35m-2,'71
(P2001s10)476-A-82

General Library
University of California
Berkeley

